



TUGAS AKHIR - MO141326

**ANALISA SEDIMENTASI DAN MITIGASI PADA MUARA SUNGAI
PORONG AKIBAT LUAPAN LUMPUR LAPINDO**

**JOEDO ERRASJID
NRP. 4312100027**

**Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc
Suntoyo, ST., Meng. Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



UNDERGRADUATE THESIS - MO141326

**SEDIMENTATION AND MITIGATION ANALYSIS AT PORONG
RIVER ESTUARY DUE TO LAPINDO MUDFLOW**

**JOEDO ERRASJID
NRP. 4312100027**

Lecturers :

Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc

Suntoyo, ST., Meng. Ph.D.

**DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA SEDIMENTASI DAN MITIGASI PADA MUARA
SUNGAI PORONG AKIBAT LUAPAN LUMPUR LAPINDO
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

JOEDO ERRASJID

NRP. 04311240000027

Disetujui Oleh:

1. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc

(Pembimbing 1)

2. Suntoyo, ST., Meng. Ph.D.

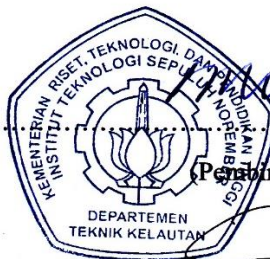
(Pembimbing 2)

3. Sujantoko, ST., MT.,

(Penguji 1)

4. Sholihin, ST., MT.,

(Penguji 2)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ABSTRAK

Banjir lumpur panas Sidoarjo adalah peristiwa menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran Lapindo Brantas Inc. di Dusun Balongnongo Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia, sejak tanggal 29 Mei 2006. Semburan lumpur panas ini menyebabkan tergenangnya kawasan permukiman, pertanian, dan perindustrian di tiga kecamatan di sekitarnya, serta memengaruhi aktivitas perekonomian di Jawa Timur. Lumpur Lapindo masih terus menyembur hingga saat ini, dan pada November 2006 lumpur Sidoarjo mulai dibuang melalui kali Porong dengan harapan debit air sungai Porong dapat mengalirkan buangan lumpur Sidoarjo ke laut dalam di selat Madura. Proses ini menyebabkan sedimentasi sepanjang sungai dan muara yang bisa saja berbahaya bagi ekosistem dan lingkungan sekitar. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah analisa untuk memprediksi seberapa parah sedimentasi akan terjadi dan hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pemerintah dengan cara memberi saran mitigasi atau pembangunan struktur pelindung pantai.

Kata Kunci: (*Sungai Porong, Luapan Lumpur Lapindo, Sedimentasi, Mitigasi*)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ABSTRAK

Hot mudflow Sidoarjo is a disaster that hot mudflow flooded the Lapindo Brantas Inc. drilling area at Balongnongso hamlet, Renokenongo village, Porong sub-district, District Sidoarjo, East Java, Indonesia, since 29th of May 2006. This hot mudflow has flooded the residential area, farms, and industrial area in three sub-district in Sidoarjo, and has it tolls on the economic activities in East Java. Lapindos mud keeps flowing even now, and in November 2006 the flow has been started to being dumbled to Porong river with the hopes of the river current will flow the mud into the strait of Madura. This process has caused sedimentation along the river into the estuary that could bring harm to the ecosystem and nearby villages. And that's why it needs an analysis to predict how bad could the sedimentation go so the results of this analysis can help the government with suggestions on how to mitigate or build a structure to protect the river and estuary.

Keywords: (*Porong River, Lapindo Mudflow, Sedimentation, Mitigation*)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan pada kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik dan benar.

Tugas Akhir ini berjudul “**ANALISA SEDIMENTASI DAN MITIGASI PADA MUARA SUNGAI PORONG AKIBAT LUAPAN LUMPUR LAPINDO**”.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Tugas Akhir ini berfokus pada transport sedimen dan volumenya setelah disimulasikan selamalima belas hari, dengan tujuan untuk mengetahui bahaya dan menyiapkan mitigasinya. Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih terdapat kekurangan, oleh sebab itu kritik dan saran sangat diharapkan sebagai bahan penyempurnaan laporan penulis selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang coastal bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2018

Joedo Errasjid

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam – dalamnya atas bimbingan dan bantuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, kepada:

1. Kepada Allah SWT, atas semua rahmat dan kasih sayang, semua ilmu, kekuatan dan kesabaran ada atas seizin-Mu ya Allah.
2. Kedua orang tua penulis tercinta, Joedo Irawan dan Indah Soelistiati atas segala kesabaran dan dukungannya.
3. Dosen pembimbing pertama penulis, Bapak Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc yang selalu meluangkan waktunya untuk asistensi.
4. Dosen pembimbing kedua penulis, Bapak Suntoyo, ST., Meng. Ph.D. untuk kesediaannya membimbing penulis.
5. Safira Dwi Anggraeni yang telah menemani selama kuliah, atas perhatian, kesabaran, dan dukungannya, saya ucapkan terima kasih.
6. Enggar, Farrel, Dedy, Aldy, Harris, Winda, dan semua teman – teman Varuna yang selalu dengan sabar memberi support dan doa, terima kasih.
7. Afifah Ramadhani yang dengan keras selalu mendorong, memberi semangat, menemani, dan mendoakan, atas segalanya, terima kasih.
8. Terima kasih untuk keluarga lab mekanika tanah yang bersedia membantu dan menghibur, mas Ilham, Harris, mas Ipung, Farukh dan lainnya.
9. Seluruh staf pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Kelautan ITS.
10. Pihak – pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga seluruh bantuan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan yang baik dari Allah SWT dan menjadi bekal di masa depan bagi penulis.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	xiii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
Latar Belakang Masalah.....	1
Perumusan Masalah.....	2
Tujuan Analisa	2
Manfaat Analisa	2
Batasan Masalah.....	2
BAB II.....	4
Tinjauan Pustaka.....	4
Dasar Teori.....	8
BAB III.....	15
Metodologi Penelitian	15
Diagram Alir Penelitian	15
Penjelasan Diagram Alir Penelitian	16
BAB IV	17
Analisi dan Pembahasan.....	17
Lokasi Penelitian.....	17
Kecepatan Arus.....	21
Debit Sungai.....	22
Validasi Arus.....	24
Data Sedimen	25
Cross-section dan Bathimetri.....	29
Analisa Sedimentasi.....	48
BAB V.....	74
Kesimpulan dan Saran.....	74

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Daftar Pustaka.....	75
Lampiran.....	77

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lapindo Brantas Inc. adalah salah satu perusahaan Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) yang ditunjuk BPMIGAS untuk melakukan proses pengeboran minyak dan gas bumi di Indonesia. Pada 29 Mei 2006, kegiatan pengeboran oleh PT Lapindo di Porong, Sidoarjo menyebabkan tidak stabilnya kondisi tanah di bawah lokasi awal hingga lumpur menyembur ke permukaan. Akibatnya, 16 desa di tiga kecamatan terendam lumpur dengan tinggi enam meter. Lebih dari 25.000 jiwa harus diungsikan, serta lebih dari 600 hektare tanah dengan 1810 rumah, 18 sekolah, dua kantor, 15 pabrik, 15 masjid dan mushola.

Prakiraan volume semburan lumpur Sidoarjo antara 50.000 – 120.000 m³/hari, sehingga air yang terpisah dari endapan lumpur berkisar antara 35.000 – 84.000 m³/hari (Buku Putih LUSI, KLH, 2006). Sekitar November 2006 lumpur Sidoarjo mulai dibuang melalui kali Porong melalui outlet sekitar 20 km dari hulu sungai, dengan harapan debit air sungai Porong dapat mengalirkan buangan lumpur Sidoarjo ke laut dalam di selat Madura (BAPEL-BPLS, 2011). Lumpur yang masuk ke sungai menimbulkan pendangkalan sungai dan mengurangi kapasitas penampungan air pada musim hujan yang akan menyebabkan banjir.

Proses sedimentasi dipicu oleh transpor sedimen dan bentuk struktur setempat (Afsal, 2013). Transpor sedimen merupakan proses pemindahan endapan (sedimen) yang dapat berupa pada air laut akibat gaya arus dan gelombang (CERC, 1984). Transpor sedimen tersebut terjadi dalam dua arah, yaitu sejajar garis pantai (longshore) dan tegak lurus (cross shore) garis pantai. Dimana pada proses tersebut mode transportasi sedimen dibagi menjadi tiga yaitu bed load, suspended load, dan wash load (Fredsoe dan Rolf, 1992). Seiring dengan berkembangnya penelitian mengenai transpor sedimen, faktor yang mempengaruhi transpor sedimen bertambah selain gaya arus dan gelombang.

Penelitian Mitchell dan Pope (2006) menemukan hubungan tingkat salinitas air laut dengan tingkat landward sediment transport pada saat air laut pasang. Peranan

pasang surut dalam menentukan mekanisme proses transpor sedimen juga amat signifikan (Komar dan Paul, 1997).

Sedimentasi yang terjadi sepanjang sungai hingga muara menimbulkan pendangkalan dan mengurangi kapasitas penampungan air pada musim hujan yang akan menyebabkan meluapnya air dan merugikan sekitar.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa besar transport sedimen pada muara sungai porong?
2. Berapa volume sedimentasi pada muara sungai dalam 15 hari?
3. Bagaimana solusi yang tepat dalam menangani sedimentasi?

1.3 Tujuan

1. Menentukan besar transport sedimen pada muara sungai porong.
2. Mengetahui volume sedimentasi muara sungai 15 hari.
3. Mencari solusi yang tepat untuk menangani sedimentasi.

1.4 Manfaat

1. Memberi analisa transport sedimen pada muara sungai.
2. Memberi analisa volume sedimentasi pada muara sungai porong dalam 15 hari.
3. Memberi bahan pertimbangan bagi pemerintah untuk solusi sedimentasi pada muara sungai porong.

1.5 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian, ditetapkan batasan-batasan dari penelitian yang dilakukan antara lain:

1. Lokasi penelitian berada di sungai porong, dari titik pembuangan lumpur hingga muara sungai.
2. Data diperoleh dari pengukuran di lapangan.
3. Permodelan sedimentasi dikerjakan menggunakan DELFT 3D.
4. Data yang diolah untuk mengetahui keadaan sedimentasi selama 15 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sedimen dan Sedimentasi Ponce (1989) menyebutkan bahwa sedimen adalah produk disintegrasi dan dekomposisi batuan. Disintegrasi mencakup seluruh proses dimana batuan yang rusak/pecah menjadi butiran - butiran kecil tanpa perubahan substansi kimiawi. Dekomposisi mengacu pada pemecahan komponen mineral batuan oleh reaksi kimia. Dekomposisi mencakup proses karbonasi, hidrasi, oksidasi dan solusi. Karakteristik butiran mineral dapat menggambarkan properti sedimen, antara lain ukuran (size), bentuk (shape), berat volume (specific weight), berat jenis (specific gravity) dan kecepatan jatuh/endap (fall velocity). Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air (Anwas, 1994).

Ukuran partikel merupakan karakteristik sedimen yang dapat diukur secara nyata. Abdul Ghani, dkk. (2012) menggunakan klasifikasi berdasarkan standar U.S. Army Corps Engineer (USACE) untuk analisa saringan sampel sedimen. Syahrul Purnawan, dkk. (2011) menggunakan teknik analisis penyaringan dengan metode ayak basah yang menggunakan saringan sedimen bertingkat dengan diameter berbeda-beda (4,75 mm, 1,7 mm, 250 μ m, 850 μ m, 150 μ m). Beberapa ahli hidraulika menggunakan klasifikasi ukuran butiran menurut AGU (American Geophysical Union) sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1. Ponce (1989) menyatakan bahwa batu besar (boulders) dan krakal (cobbles) dapat diukur tersendiri, kerikil (gravel) dapat diukur tersendiri atau dengan ayakan, dan pasir diukur dengan ayakan.

Berat volume (specific weight) sedimen adalah berat butir partikel sedimen setiap satu satuan volume, sedangkan berat jenis (specific gravity)

sedimen adalah rasio berat butir partikel sedimen terhadap berat volume air (Ponce, 1989).

Berat jenis sedimen pada umumnya diperkirakan sekitar 2,65, kecuali untuk material yang berat seperti magnetit (berat jenis 5,18).

Kecepatan jatuh (fall velocity) partikel merupakan kecepatan akhir sedimen untuk mengendap pada air diam. Menurut Ponce (1989), kecepatan jatuh merupakan fungsi ukuran, bentuk, berat volume partikel, berat volume dan kekentalan air di sekitarnya.

Pada praktek di lapangan, muatan sedimen, debit sedimen dan laju transport sedimen merupakan hal yang sama. Prediksi transpor sedimen berkenaan dengan perkiraan laju transpor sedimen dalam kondisi aliran seimbang (misal steady uniform flow).

Beberapa hal yang terkait dengan transpor sedimen antara lain adalah erosi, abrasi, serta pengendapan sedimen. Analisis transpor sedimen berguna untuk memperkirakan jumlah dan kecepatan transpor sedimen, sehingga pengaruhnya terhadap bangunan serta lingkungan di sekitar pantai dapat diminimalkan dan bentuk penanganan dapat direncanakan (Wahyuni, 2014). Dalam Van Rijn (1990), sedimen didefinisikan sebagai material pecahan, terutama terbentuk dari proses fisika dan kimia dari pecahnya batuan di dasar laut. Sedangkan menurut Pettjohn (1975), sedimentasi merupakan sebuah proses pembentukan sedimen atau batuan sedimen yang disebabkan oleh adanya akumulasi dari material pembentuknya pada suatu tempat atau lingkungan pengendapan. Lingkungan pengendapan ini dapat berupa delta, danau, pantai, estuari, laut dangkal, maupun laut dalam. Penelitian terkait sedimentasi telah banyak dilakukan. Cahyadi (2009) meneliti tentang analisis sedimentasi yang disebabkan adanya reklamasi di Teluk Lamong. Dalam penelitiannya, untuk melakukan analisis sedimentasi dilakukan dengan bantuan software Mike 21, sedangkan untuk perhitungan volume sedimen digunakan software surfer. Penelitian terkait sedimentasi juga pernah dilakukan oleh Sudardjat dkk. (2012), dalam penelitian tersebut dilakukan simulasi hidrodinamika dengan bantuan software SMS (Surface Water Modelling System) untuk mengukur sedimentasi di di sekitar muara sungai Wanggu di Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara.

Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. (UU No.24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana). Mitigasi dibagi menjadi dua macam, yaitu:

a) Mitigasi Struktural

Mitigasi struktural merupakan upaya untuk meminimalkan bencana yang dilakukan melalui pembangunan berbagai prasarana fisik dan menggunakan pendekatan teknologi, seperti pembuatan kanal khusus untuk pencegahan banjir, alat pendeteksi aktivitas gunung berapi, bangunan yang bersifat tahan gempa, ataupun Early Warning System yang digunakan untuk memprediksi terjadinya gelombang tsunami. Mitigasi struktural adalah upaya untuk mengurangi kerentanan (vulnerability) terhadap bencana dengan cara rekayasa teknis bangunan tahan bencana. Bangunan tahan bencana adalah bangunan dengan struktur yang direncanakan sedemikian rupa sehingga bangunan tersebut mampu bertahan atau mengalami kerusakan yang tidak membahayakan apabila bencana yang bersangkutan terjadi. Rekayasa teknis adalah prosedur perancangan struktur bangunan yang telah memperhitungkan karakteristik aksi dari bencana.

b) Mitigasi Non-Struktural

Mitigasi non-struktural adalah upaya mengurangi dampak bencana selain dari upaya tersebut diatas. Bisa dalam lingkup upaya pembuatan kebijakan seperti pembuatan suatu peraturan. Undang-Undang Penanggulangan Bencana (UU PB) adalah upaya non-struktural di bidang kebijakan dari mitigasi ini. Contoh lainnya adalah pembuatan tata ruang kota, capacity building masyarakat, bahkan sampai menghidupkan berbagai aktivitas lain yang berguna bagi penguatan kapasitas masyarakat, juga bagian dari mitigasi ini. Ini semua dilakukan untuk, oleh dan di masyarakat yang hidup di sekitar daerah rawan bencana.

Tujuan dari strategi mitigasi adalah untuk mengurangi kerugian – kerugian pada saat terjadinya bahaya pada masa mendatang. Tujuan utama adalah untuk mengurangi risiko kematian dan cedera terhadap penduduk.

Tujuan – tujuan sekunder mencakup pengurangan kerusakan dan kerugian – kerugian ekonomi yang ditimbulkan terhadap infrastruktur sektor publik dan mengurangi kerugian – kerugian ekonomi yang ditimbulkan terhadap infrastruktur sector publik dan mengurangi kerugian-kerugian sector swasta sejauh hal-hal itu mungkin mempengaruhi masyarakat secara keseluruhan. Tujuan-tujuan ini mungkin mencakup dorongan bagi orang – orang untuk melindungi diri mereka sejauh mungkin.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Arus.

Arus adalah gerakan massa air yang berpindah dari suatu tempat ke tempat lain, dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Pergerakan massa air ini disebabkan oleh pengaruh angin yang berhembus di atas permukaan air. Arus air laut adalah pergerakan massa air secara vertikal dan horisontal sehingga menuju keseimbangannya, atau gerakan air yang sangat luas yang terjadi di seluruh lautan dunia. Arus juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang. Pergerakan arus dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain arah angin, perbedaan tekanan air, perbedaan densitas air, gaya Coriolis dan arus ekman, topografi dasar laut, arus permukaan, upwelling , downwelling.

Beberapa faktor yang mempengaruhi arus, yaitu :

1. Bentuk Topografi dasar lautan dan pulau di sekitarnya :

Beberapa sistem lautan utama di dunia dibatasi oleh massa daratan dari tiga sisi dan pula oleh arus equatorial counter di sisi yang keempat. Batas – batas ini menghasilkan sistem aliran yang hampir tertutup dan cenderung membuat aliran mengarah dalam suatu bentuk bulatan.

2. Gaya Coriolis dan arus ekman :

Gaya Coriolis memengaruhi aliran massa air, di mana gaya ini akan membelokkan arah mereka dari arah yang lurus. Gaya coriolis juga yang menyebabkan timbulnya perubahan – perubahan arah arus yang kompleks susunannya yang terjadi sesuai dengan semakin dalamnya kedalaman suatu perairan.

3. Perbedaan Densitas serta upwelling dan sinking :

Perbedaan densitas menyebabkan timbulnya aliran massa air dari laut yang dalam di daerah kutub selatan dan kutub utara ke arah daerah tropik.

Menurut Wahyudi (1997), massa air laut adalah jumlah air laut yang dipengaruhi oleh parameter fisika laut seperti temperatur, salinitas dan densitas. Hingga arus laut dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Arus yang dibangkitkan oleh perbedaan massa jenis air
2. Arus yang dibangkitkan oleh angin di permukaan laut
3. Arus yang dibangkitkan oleh pasang surut

Gaya yang mempengaruhi pergerakan arus dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu gaya primer yang menjadi penggerak utama dan gaya sekunder yang merupakan akibat dari pergerakan. Gaya primer tersebut adalah gaya gravitasi, angin, tekanan udara, serta gempa di dasar lautan. Sedangkan gaya sekunder antara lain, gaya coriolis, dan gaya friksi. Gerakan arus permukaan di Indonesia sangat dipengaruhi oleh gerakan angin muson yang terjadi dalam setahun yang mempengaruhi sirkulasi air laut di Indonesia.

Dalam perhitungan Delft, arus harus dikonversi dahulu menjadi debit, debit aliran merupakan volume air yang melewati suatu bagian saluran per satuan waktu. Suatu bagian yang dimaksud dapat berupa sungai, pipa, dan sebagainya. Besaran dari debit aliran adalah m^3/detik . Debit aliran fluida dapat dicari dengan rumus dibawah ini:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A \times v \times \Delta t}{\Delta t} = A \times v \dots\dots\dots(2.1)$$

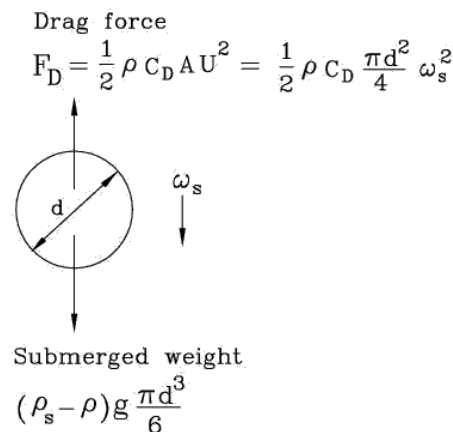
Keterangan

- Q = debit aliran fluida (m^3/s)
A = luas penampang (m^2)
v = laju aliran fluida (m/s)
V = volume fluida (m^3)
t = selang waktu (detik)

2.2.2 Sedimen.

Sedimen adalah kepingan material hasil diintegrasi batuan dari lapisan kulit/kerak bumi (van Rijn, 1993). Material seabed di wilayah coastal terdiri atas berbagai macam partikel. Partikel-partikel tersebut berasal dari proses erosi tanah di daerah basin. Karakteristik dari sedimen dapat dibedakan dari ukuran diameter butirannya. Ukuran butir sedimen inilah yang mengklasifikasikan sedimen menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral, cobble, dan batu. Sedimen diklasifikasikan sebagai lempung dan lumpur jika memiliki diameter butirannya berkisar antara 10⁻⁶-10⁻⁵m, pasir jika diameter butirannya 10⁻⁴ -10⁻³m, serta kerikil, koral, cobble, dan batuan apabila memiliki diameter butirannya 10⁻²-10⁻¹m atau lebih (Dronkers, 2005). Partikel ini memiliki berbagai macam ukuran dari bongkahan batu hingga ukuran mikroskopis, dan juga memiliki berbagai macam bentuk dari berbentuk lingkaran hingga tak beraturan. Mereka juga memiliki specific gravity yang bervariasi, akibat mineral penyusunnya yang beragam.

Rapat massa merupakan massa tiap satuan volume yang mana merupakan banyaknya massa tiap satuan volume yang merupakan fungsi dari komposisi material. Rapat massa sedimen kohesif dipengaruhi oleh konsentrasi endapan, sedangkan konsentrasi endapan dipengaruhi oleh waktu konsolidasi. Rapat massa sedimen selama periode pengendapan adalah konstan, namun 15 pada suatu waktu tertentu rapat massa naik dengan cepat lalu kemudian berangsur mencapai nilai maksimal (Triatmodjo, 1999). Liu (2001) menjelaskan proses jatuhnya butir sedimen dapat dilihat seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. 1 Proses Jatuh Butiran Sedimen

(Sumber: Liu, 2001)

Berdasarkan gambar tersebut, kecepatan jatuh sedimen dapat dihitung dengan menyeimbangkan kedua gaya yang ada, sehingga diperoleh:

$$\frac{1}{2} \rho C_d \frac{\pi d^2}{4} \omega_s^2 = (\rho_s - \rho) g \frac{\pi d^3}{6} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dari persamaan diatas, maka persamaan kecepatan endap menjadi:

$$\omega_s = \sqrt{\frac{4(s-1)gd}{3C_D}} \dots\dots\dots(2.3.)$$

Keterangan:

- ω_s = kecepatan endap (m/s)
- s = rapat massa relatif sedimen
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- d = diameter butiran (m)
- C_D = koefisien *drag*

Sedimen yang telah tererosi oleh gelombang dapat terangkut karena adanya arus disekitar pantai, sedimen yang terangkut ini disebut dengan transpor sedimen. Transpor sedimen secara fisik dipengaruhi oleh interaksi antara pasang surut, angin, arus gelombang, jenis dan ukuran sedimen, serta adanya bangunan di daerah pantai (littoral zone). Karakteristik sedimen meliputi bentuk dan ukuran partikel, distribusinya, serta spesifik gravity perlu diketahui karena mempengaruhi proses pengendapan atau kecepatan jatuhnya partikel sedimen setelah terapung (Triatmodjo, 1999). Menurut Pratikto dkk (1997), tahapan proses transpor sedimen tergantung dari gerakan air dan partikel sedimen yang terangkut. Adapun tahapan proses transpor sedimen secara umum dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Material kohesif dari dasar laut teraduk hingga tersuspensi, atau lepasnya material non kohesif dari dasar laut.
2. Perpindahan material secara horizontal.
3. Pengendapan kembali partikel atau material sedimen tersebut.

Menurut Ronggodigdo (2011), ada tiga macam pergerakan angkutan sedimen yaitu:

- a) Bed Load Transport Partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan bed load. Adanya bed load ditunjukkan oleh 18 gerakan partikel yang ukurannya besar. Pada kondisi ini pengangkutan material terjadi pada aliran yang mempunyai kecepatan aliran yang relatif lambat.
- b) Wash Load Transport Wash Load adalah angkutan partikel halus yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel ini dapat berupa lempung (silt) dan debu (dust) yang akan terbawa aliran, atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang. Pada kondisi ini pengangkutan material terjadi pada kecepatan aliran yang relatif cepat.
- c) Suspended Load Transport Suspended load merupakan bed material terutama butir pasir halus yang bergerak melayang di dalam aliran, hal ini karena partikel selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran. Jika kecepatan aliran semakin cepat, gerakan loncatan material akan semakin sering terjadi.

2.2.3. Batimetri

Batimetri adalah ilmu yang mempelajari kedalaman bawah air dan tampilan tiga dimensi lantai samudra atau danau. Sebuah peta batimetri biasanya menampilkan relief lantai dengan garis-garis kontur yang disebut kontur kedalaman, dan dapat memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan.

Awalnya, batimetri mengacu kepada pengukuran kedalaman samudra. Teknik – teknik awal pengukuran batimetri dilakukan dengan menggunakan tali berat terukur atau kabel yang diturunkan dari sisi kapal. Namun teknik ini terbatas, teknik ini hanya dapat melakukan satu pengukuran dalam satu waktu sehingga dianggap tidak efisien. Teknik tersebut juga menjadi subjek terhadap pergerakan kapal dan arus.

Batimetri sangat diperlukan untuk pengembangan pelabuhan untuk memperkirakan kedalaman laut sehingga memungkinkan kapal-kapal besar untuk bersandar. Seiring dengan perkembangan zaman, kini pengukuran batimetri dapat

dilakukan dengan echosounding (sonar), yang dipasang di sisi dari suatu kapal kemudian gelombang dipancarkan.

Waktu tempuh dari gelombang yang dipancarkan dari permukaan, kemudian dipantulkan oleh dasar laut yang lalu diterima kembali di permukaan digunakan untuk menghitung kedalaman dari laut yang diukur.

2.2.4. Delft3D

Deltares telah mengembangkan sebuah software unik yang mampu digunakan untuk multi-disciplinary dan perhitungan secara 3D untuk pantai, sungai, dan daerah estuary. Program ini dapat mensimulasikan arus, transport sedimen, gelombang, kualitas air, morphological development dan ekologi. Program ini didesain agar mudah digunakan oleh para ahli dan bahkan mereka yang sedang belajar.

Delft3D terdiri dari beberapa modul, dan dapat dikumpulkan pada sebuah interface yang sama, dan dapat berinteraksi antar modular satu dan yang lainnya. Delft3D-FLOW adalah program simulasi hidrodinamik multi-dimensional yang mampu menghitung fenomena flow dan transport pada sungai, pantai, danau, estuary, dan lainnya.

Langkah awal adalah membuat grid pada modular RFGRID, data – data yang dihasilkan dapat berupa grid dan batimetri. Setelah mendapatkan grid dan batimetri dari RFGRID, buka FLOW untuk memasukkan grid dan batimetri sebagai pondasi awal simulasi yang akan dijalankan.

Setelah grid dan batimetri dimasukkan, tentukan time frame atas lamanya simulasi yang akan dijalankan. Tanggal yang tertera sesuai dengan tanggal di dunia nyata. Di sini kita juga bisa mengubah time step dan time zone. Pada Konstituen, tentukan salinitas, temperatur, polutan, dan sedimen yang akan dimasukkan dalam simulasi. Di sini kita juga bisa memasukkan data angin, gelombang, secondary flow, dan tidal force. Gaya yang dibuat oleh manusia seperti dredging dan dumping juga bisa dimasukkan di sini. Setelah itu, masuk

pada tabel proses, kita bisa menentukan apakah sedimen itu kohesif atau non-kohesif.

Pada tabel Initial Conditions, kita dapat menentukan keadaan awal dari water level, salinitas, temperature, secondary flow, conservative spill, sediment sand, dan sediment mud. Pada tabel boundaries, kita bisa menentukan open boundaries untuk simulasi sesuai yang diinginkan. Beberapa macam tipe boundaries conditions yang tersedia adalah water level, velocity,

Neumann (water level gradient), discharge atau flux (total atau tiap grid cell), Riemann atau weakly reflective boundaries. Pemilihan tipe boundaries disesuaikan pada fenomena asli di dunia nyata agar simulasi yang dibuat semakin mendekati kondisi real.

Pada tabel Physical Parameter kita dapat menentukan beberapa parameter yang berhubungan dengan kondisi fisik pada model simulasi. Tabel yang akan selalu ada adalah Constants, Roughness, dan Viscosity. Tabel – tabel lainnya hanya akan muncul ketika proses yang berhubungan sudah dipilih pada tabel – tabel sebelumnya. Contoh, heat flux model hanya akan muncul jika proses yang berhubungan dengan temperature telah diaktifkan sebelumnya, sediment and morphology akan muncul ketika pilihan proses sedimen telah diaktifkan sebelumnya, wind akan muncul ketika proses yang berhubungan dengan angin telah diaktifkan sebelumnya, dan tidal force juga akan muncul jika tersedia grid pada spherical coordinates dan proses tidal force telah diaktifkan sebelumnya.

Pada Numerical Parameters, kita dapat menentukan parameter yang berhubungan dengan drying and flooding dan beberapa pilihan lebih lanjut tentang numerical parameters. Jika model simulasi yang dibuat bukanlah 3D atau proses yang berhubungan dengan salinitas dan constituents lain tidak dimodelkan, maka hanya akan ada sedikit parameter yang dapat dimasukkan pada tabel ini.

Pada tabel Operations, di sini kita bisa mengatur titik masuk dan titik keluar discharge dan berapa nilai discharge. Tabel dredging dan dumping akan muncul jika proses dredging dan dumping telah diaktifkan sebelumnya. Pada tabel monitoring hasil perhitungan bisa diobservasi terhadap fungsi waktu dengan menentukan titik observasi, drogues, dan cross section.

Pada tabel Output kita bisa menentukan waktu mulai dan berhenti dari simulasi, berapa lama data yang akan kita simpan dari simulasi yang akan dijalankan. Kita bisa mengatur interval penyimpanan data setiap beberapa menit atau jam sekali selama simulasi dijalankan. Kita juga bisa mengatur apa saja yang akan dicetak dalam bentuk laporan, dan beberapa pilihan tingkat lanjut untuk melihat hasil dari simulasi yang akan dijalankan.

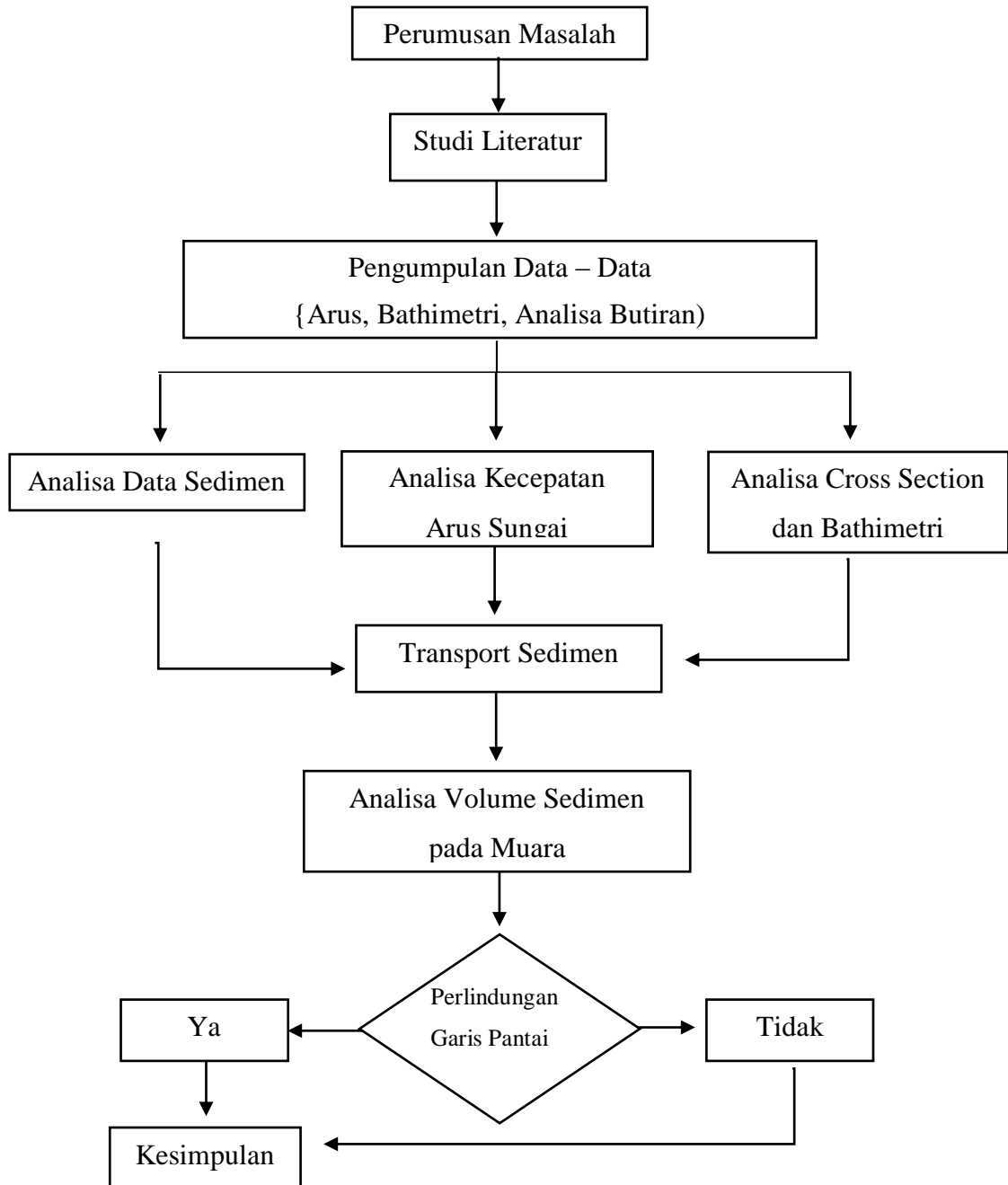
Setelah semua pengaturan dan input data selesai dilakukan, pilih save all untuk menyimpan semua atribut yang telah dibuat dan menyimpan file MDF. Jalankan simulasi dengan memilih Start pada tabel FLOW, dan tunggu hasil komputasi simulasi selesai. Hasil perhitungan dan simulasi dapat dibuka pada QUICKPLOT, dan laporan lebih detail dapat dilihat dan diprint secara langsung sesuai keinginan. Kita bisa melihat kecepatan arus dalam vector dan dalam magnitude, persebaran sedimen, transport sedimen, volume sedimen, dan banyak lainnya sesuai studi yang dibutuhkan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian.



3.2 Prosedur penelitian

Penjelasan langkah-langkah penelitian dalam diagram alir pada gambar 5 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi Literatur.

Dalam penelitian ini studi literatur didapatkan dari membaca buku, tugas akhir, serta jurnal – jurnal yang berkaitan. Studi literatur digunakan untuk meningkatkan validitas studi dan memberikan wawasan lebih kepada penulis dalam rangka penulisan penelitiannya

2. Pengumpulan Data.

Data didapatkan dari pengukuran di lapangan. Data yang dikumpulkan berupa kecepatan arus, sample air, sample sedimen. Pengumpulan data dilakukan dari pipa pembuangan lumpur, sepanjang sungai porong, hingga ke muara. Kecepatan arus diukur menggunakan alat bernama current meter.

Pengukuran dilakukan di tiga titik berbeda dengan cara menenggelamkan current meter sekitar 1m di bawah permukaan air selama beberapa waktu tertentu. Rata – rata dari setiap pengukuran digunakan sebagai kecepatan arus dalam simulasi Delft3D.

Pengambilan sample air digunakan untuk menentukan TSS. Sampling dilakukan menggunakan bottle sampler. Cara pengukuran adalah dengan menenggelamkan bottle sampler sesuai kedalaman yang diinginkan dalam keadaan terbuka. Setelah bottle sampler terisi, lepaskan beban penutup untuk menyegel air di dalam bottle sampler dan tarik ke permukaan. Sample air kemudian disaring di lab untuk menentukan TSS.

Pengambilan sample sedimen digunakan untuk menentukan grain size. Sampling dilakukan menggunakan sedimen grabber. Cara pengambilan sedimennya adalah dengan membuka sedimen grabber dan menguncinya lalu tenggelamkan. Setelah dirasa menyentuh permukaan tanah, tarik kunci yang menahan sedimen grabber hingga sedimen grabber dapat tertutup dengan sample sedimen di dalamnya, kemudian tarik ke permukaan. Sample sedimen kemudian dibawa ke lab untuk pengayakan hingga ditemukan grain size rata – ratanya.

3. Proses Digitasi Peta.

Pembuatan peta dimulai dengan membuat data LDB dari Google Earth. Setelah data LDB diperoleh, masukkan data tersebut ke dalam Global Mapper untuk diberi kordinat sesuai tempat. Setelah pemberian koordinat selesai, buka data tersebut dalam RFGRID Delft3D untuk pembuatan grid pada peta. Pembuatan batimetri dengan memasukkan elevasi pada tiap cross-section dapat dilakukan pada Global Mapper. File yang akan dihasilkan berupa data csv. Data csv kemudian dimasukkan pada grid yang sudah dibuat, maka peta tersebut telah memiliki kedalaman sesuai data pada tiap cross-section. Grid yang telah memiliki elevasi pada tiap cross-section inilah yang akan menjadi model simulasi pada FLOW Delft3D.

4. Menghitung Laju dan Volume Sedimentasi.

Pada tabel FLOW Delft3D akan ada banyak sekali data dan variable yang dapat dimasukkan sesuai kebutuhan simulasi dalam penelitian. Secara garis besar untuk penelitian ini, penulis akan memasukkan grid, batimetri, kecepatan arus yang dirubah dalam debit, grain size sedimen, TSS, dan menentukan lama simulasi yang akan dijalankan. Setelah semua data yang dibutuhkan untuk simulasi telah dimasukkan, jalankan simulasi. Hasil simulasi dapat dibaca dalam FLOW QUICKPLOT.

5. Memperkirakan Dampak dari Sedimentasi.

Setelah laju dan volume sedimentasi telah didapat, saatnya untuk menentukan apa dampak dari fenomena tersebut di masa depan. Jika tidak dianggap berbahaya, maka sungai porong dapat dimanfaatkan masyarakat sekitar dengan bijaksana. Namun apabila dampak dari sedimentasi dianggap berbahaya di masa depan, maka penulis berharap untuk dapat menentukan secara optimal pembangunan struktur pelindung pantai apa yang tepat sebagai mtigasi untuk mencegah bencana di masa depan.

6. Penarikan Kesimpulan dan Penulisan Laporan

Setelah melakukan analisa dan menimbang dampaknya di masa depan, penulis akan menyimpulkan hasilnya agar dapat bermanfaat bagi masyarakat yang tinggal di sekitar sungai Porong.

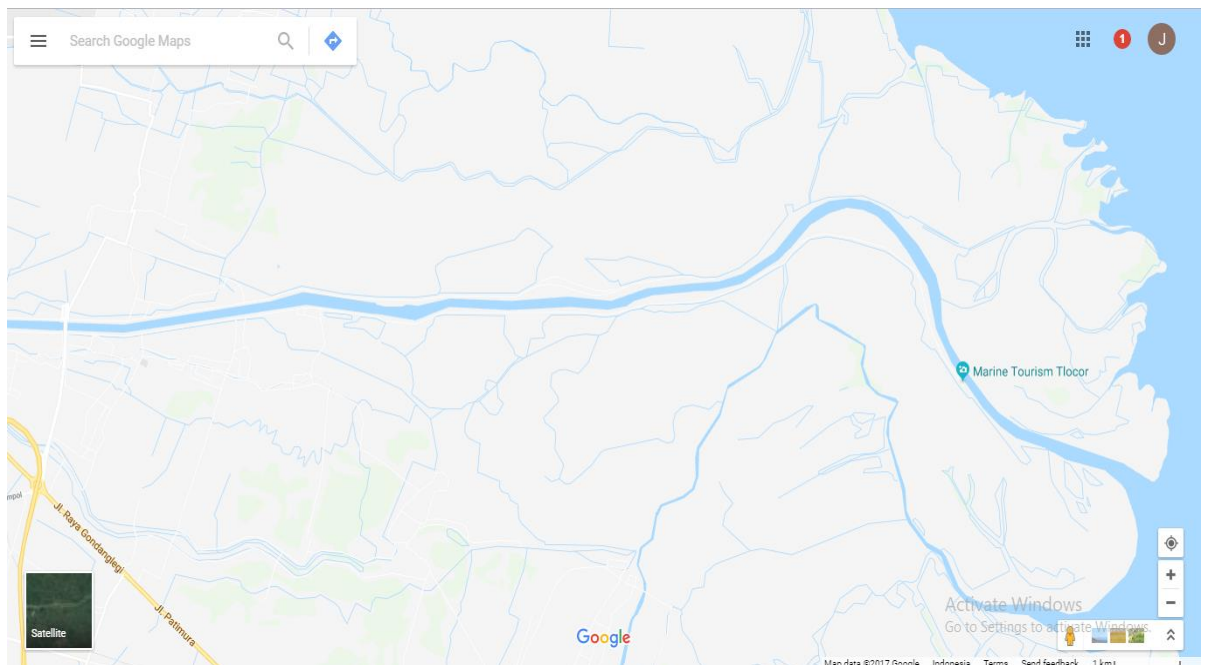
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS & PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

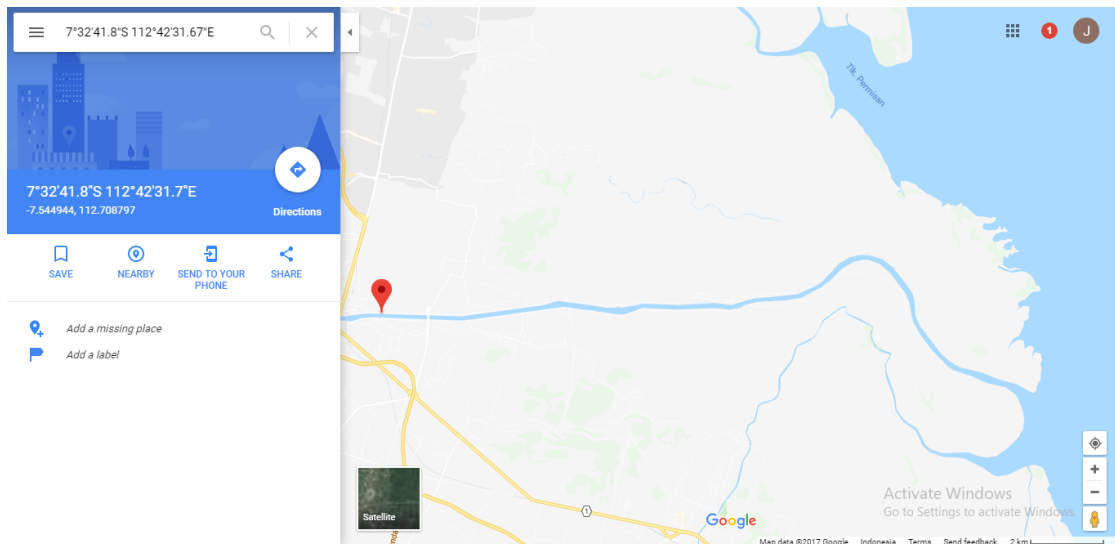
Lokasi yang menjadi obyek studi dari penelitian tugas akhir ini adalah sungai Porong yang terletak di Sidoarjo, Jawa Timur. Sungai Porong adalah salah satu terusan sungai Brantas di kota Mojokerto yang mengalir ke arah timur dan bermuara di Selat Madura. Nama Porong diambil dari nama sebuah kecamatan yang terletak di ujung selatan Kabupaten Sidoarjo. Sungai ini membatasi Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Pasuruan. Sungai ini adalah sungai buatan alias terusan yang digunakan untuk mengalihkan sebagian aliran sungai Brantas yang bermuara di Surabaya. Lokasi pengambilan data dimulai dari pembuangan lumpur ke sungai hingga muara yang kurang lebih sepanjang 18km.



Gambar 4.1 Lokasi Pengamatan (*Google Earth. 2018*)

Lokasi P1

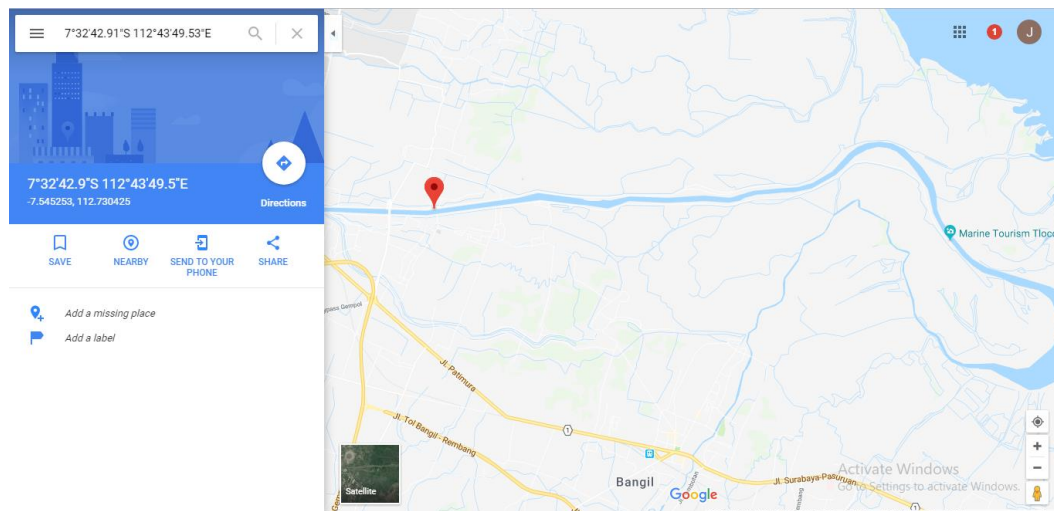
Terletak pada mud discharge pertama dengan koordinat $7^{\circ}32'41.8''\text{S}$ $112^{\circ}42'31.7''\text{E}$. Titik ini diasumsikan sebagai lokasi dimana air sungai melakukan kontak dengan lumpur pertama kali.



Gambar 4.2 Lokasi Pengamatan (*Google Earth. 2018*)

Lokasi P2

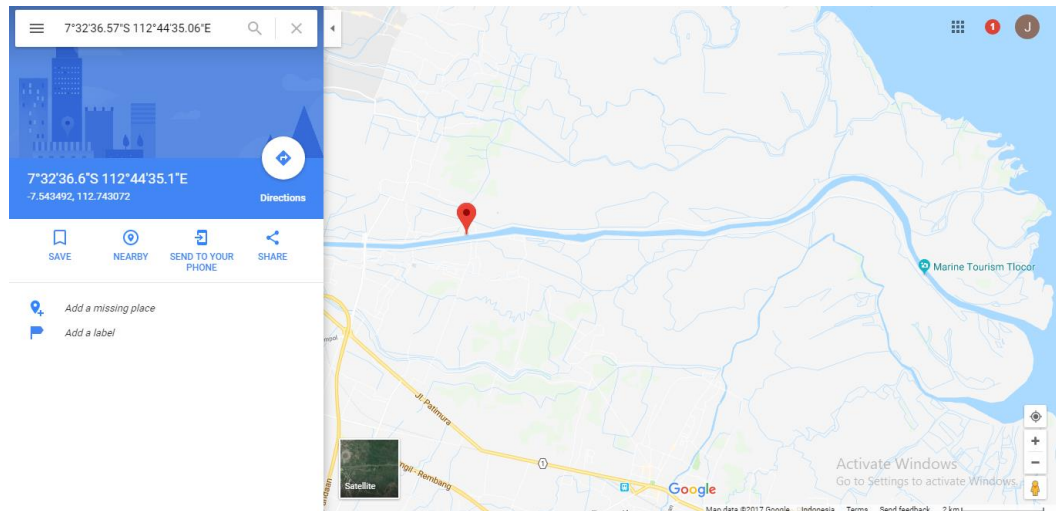
Terletak sekitar 3km dari mud discharge pertama dengan koordinat $7^{\circ}32'42.91''\text{S}$ $112^{\circ}43'49.5''\text{S}$ diasumsikan sebagai titik dimana air dan lumpur telah sebagian tercampur.



Gambar 4.3 Lokasi Pengamatan (*Google Earth. 2018*)

Lokasi P3

Terletak sekitar 4km dari mud discharge pertama dengan koordinat $7^{\circ}32'36.6''S$ $112^{\circ}44'35.06''E$ diasumsikan sebagai titik dimana lumpur dan air sudah tercampur.



Gambar 4.4 Lokasi Pengamatan (*Google Earth. 2018*)

4.2 Pengambilan Data

Data yang diambil pada sungai porong adalah kecepatan arus, dan sample sediment. Saya menggunakan sediment grabber, water sampler, dan current meter sebagai alat pengambilan data.

4.2.1 Pengambilan Data Kecepatan Arus:

Pengambilan data dilakukan 10 kali pada tiap titik dengan kedalaman 1 meter kemudian diambil rata – ratanya untuk dimasukkan dalam perhitungan.

Kecepatan arus pada P1:

- | | |
|-------------|-------------|
| 1. 0,34 m/s | 6. 0,33 m/s |
| 2. 0,32 m/s | 7. 0,38 m/s |
| 3. 0,34 m/s | 8. 0,41 m/s |
| 4. 0,28 m/s | 9. 0,38 m/s |

5. 0,32 m/s

10. 0,34 m/s

Kecepatan rata – rata adalah 0,34 m/s

Kecepatan arus pada P2:

1. 1,09 m/s

6. 0,84 m/s

2. 1,08 m/s

7. 0,89 m/s

3. 0,99 m/s

8. 0,86 m/s

4. 0,74 m/s

9. 0,96 m/s

5. 0,80 m/s

10. 1,04 m/s

Kecepatan rata – rata adalah 0,92 m/s

Kecepatan arus pada P3:

1. 0,83 m/s

6. 0,79 m/s

2. 0,76 m/s

7. 0,74 m/s

3. 0,68 m/s

8. 0,80 m/s

4. 0,68 m/s

9. 0,80 m/s

5. 0,73 m/s

10. 0,81 m/s

Kecepatan rata – rata adalah 0,76 m/s

Rata – rata kecepatan dari jumlah kecepatan pada tiga titik observasi tersebut adalah **0.67m/s**

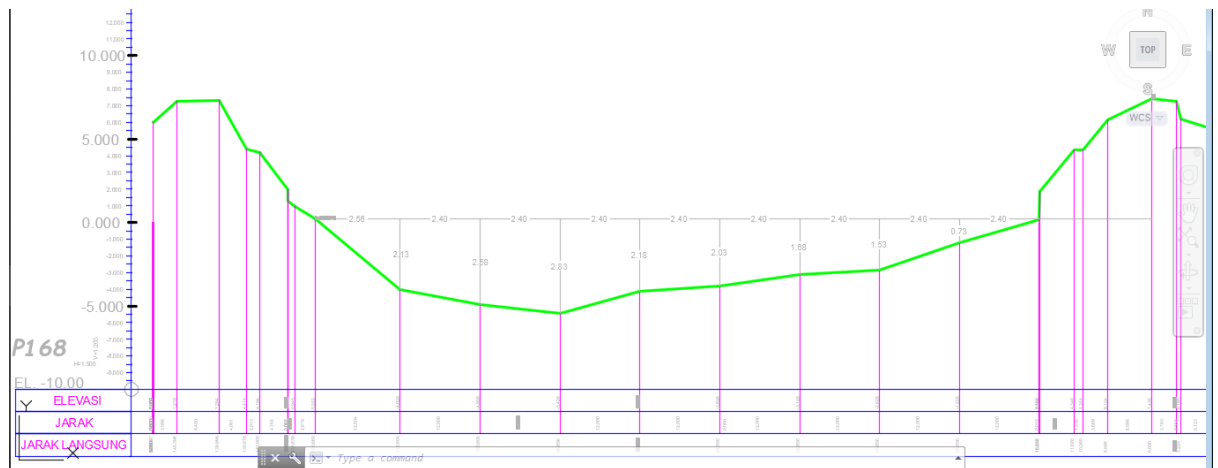
4.2.2 Perhitungan Debit Air:

$$D = V.A$$

D = Debit air sungai.

V = Kecepatan arus diambil dari rata – rata dari jumlah kecepatan arus pada tiga titik observasi.

A = Luas penampang sungai di sekitar titik observasi.



Gambar 4.5 Cross Section Sungai Porong P168 (BBWS 2017)

Luas penampang sungai sesuai perhitungan cross section adalah **37.806m²**

Rata – rata kecepatan arus sungai adalah **0.67m/s**

Maka nilai debit air adalah 0.67m/s dikali 37.806m² yaitu **25.45m³/s**

Validasi Kecepatan Arus

Diketahui dari hasil pengukuran rata – rata kecepatan arus selama 3jam adalah 0.67m/s.

Dan dari hasil Depth Average Velocity diambil perbandingan selama 3jam.

2018-12-07 22:00:00, 0.310886m/s

2018-12-07 23:00:00, 0.305126m/s

2018-12-08 00:00:00, 0.30427m/s

Dengan rata – rata 0.306m/s

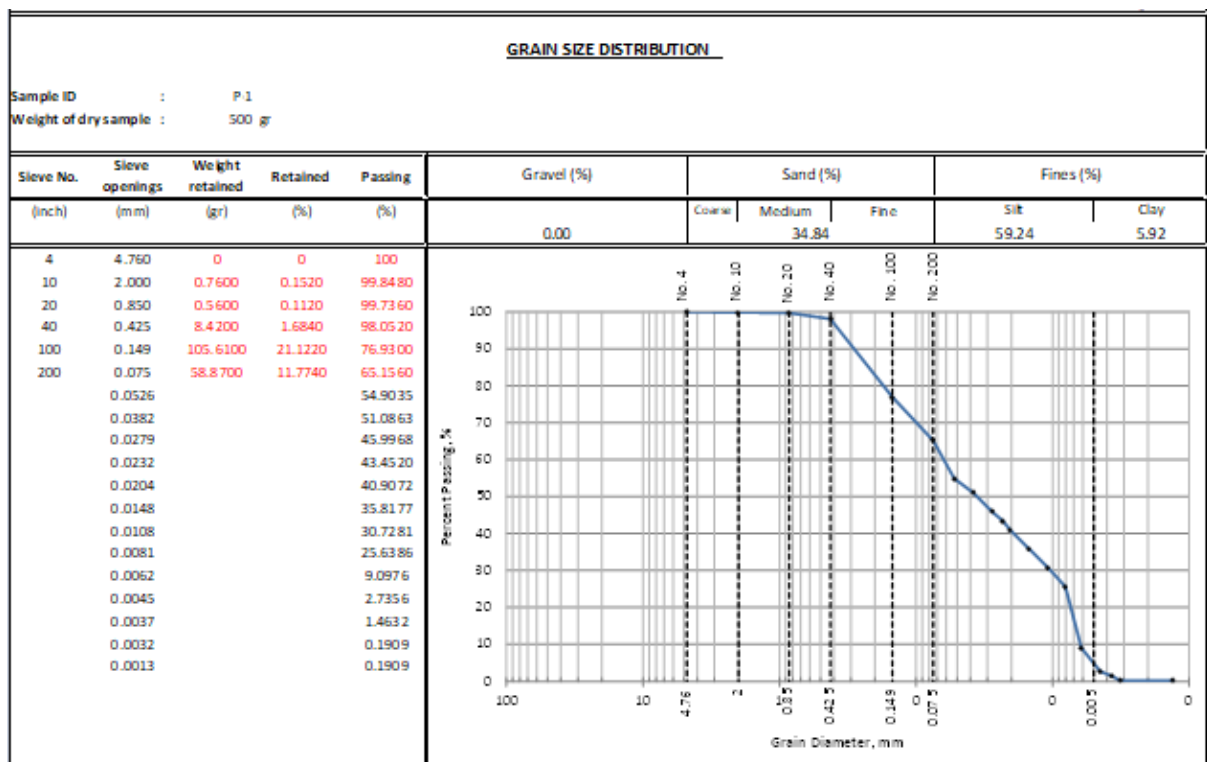
Maka hasil perbandingan dari 0.306:0.67 adalah 0.456.

Nilai kecepatan arus dari delft3d memiliki nilai error 45% dibandingkan nilai kecepatan arus pada pengambilan secara manual.

4.2.3 Pengambilan Data Sedimen

Saya mengambil sekitar 500g sedimen pada tiap titik observasi, kemudian dilakukan pengayakan pada tiap sample hingga ditemuk grain size masing – masing.

Grain Size Analysis pada P1

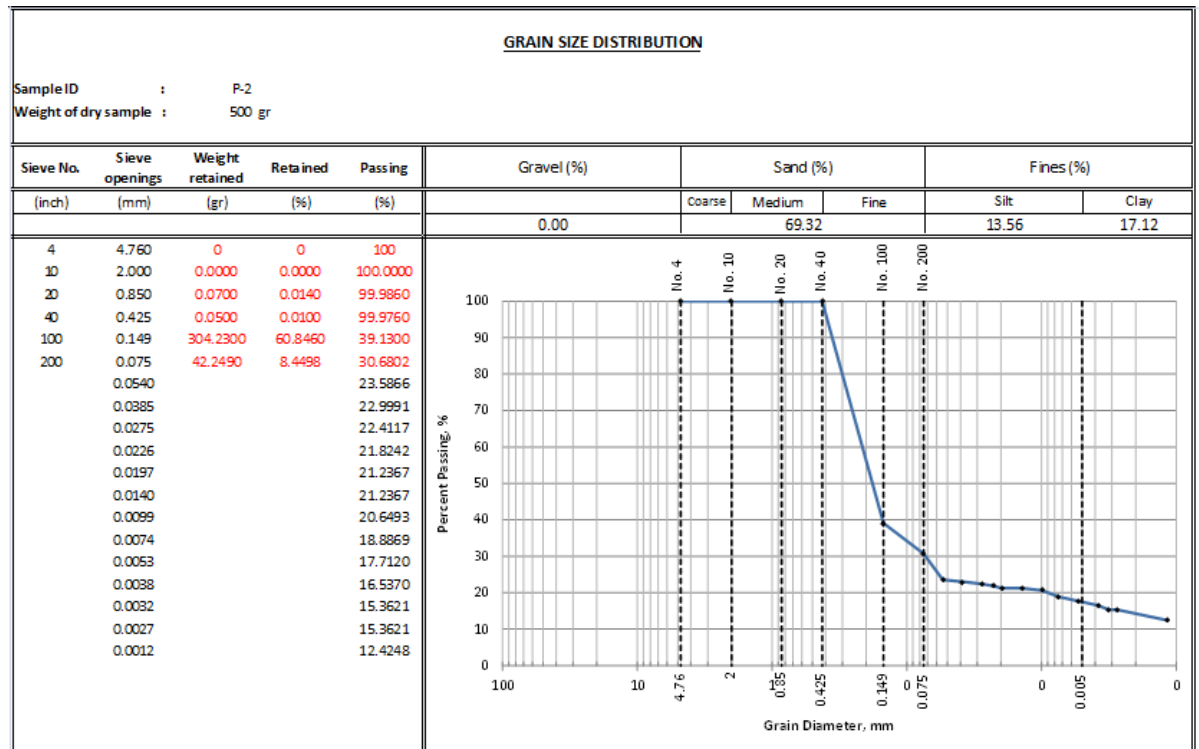


Gambar 4.6 Grain Size Analysis pada P1

Grain size yang akan digunakan dapat dilihat dari grafik dan table di atas pada titik percent passing 50% dan bersilangan dengan titik pada Silt dengan sieve openings terdekat yaitu 0.0382mm.

$$D_{50}(p1) = 0.0382\text{mm}$$

Grain Size Analysis pada P2

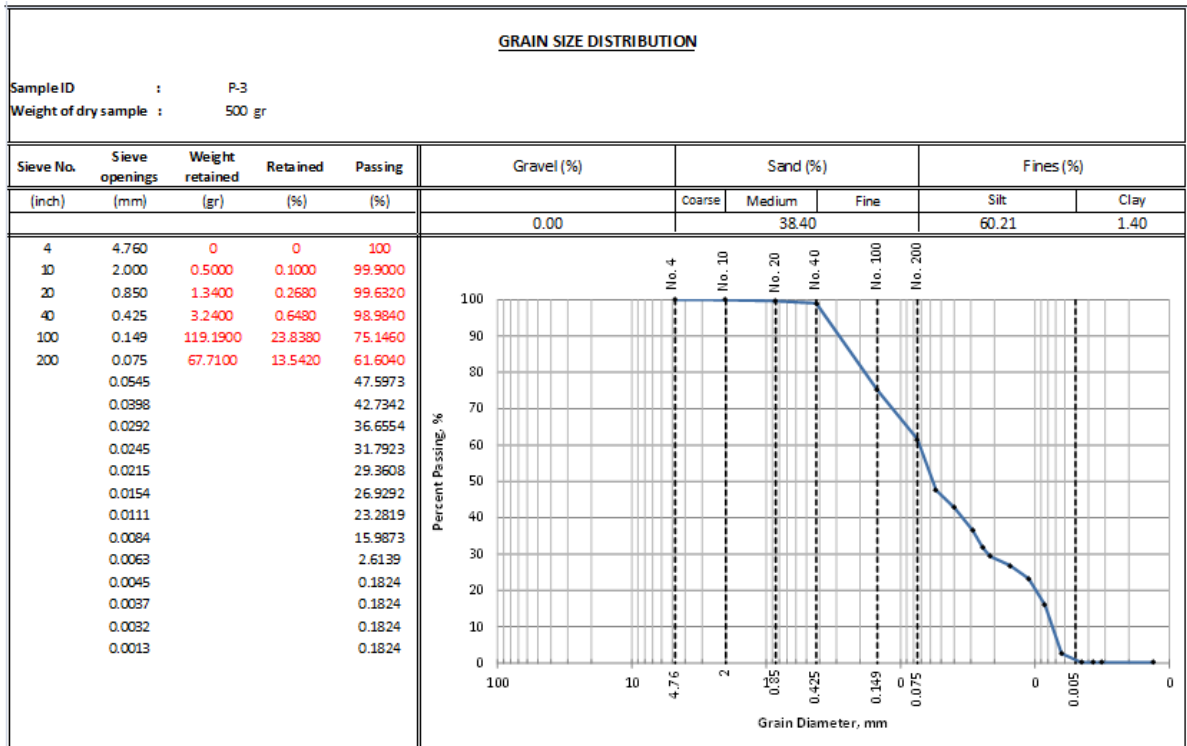


Gambar 4.7 Grain Size Analysis pada P2

Grain size yang akan digunakan dapat dilihat dari grafik dan table di atas pada titik percent passing 50% dan bersilangan dengan titik pada Fine dengan sieve openings terdekat yaitu 0.149mm.

$$D_{50}(p2) = 0.149\text{mm}$$

Grain Size Analysis pada P3



Gambar 4.8 Grain Size Analysis pada P3

Grain size yang akan digunakan dapat dilihat dari grafik dan table di atas pada titik percent passing 50% dan bersilangan dengan titik pada silt dengan sieve openings terdekat yaitu 0.0545mm.

$$D_{50}(p1) = 0.0545\text{mm}$$

Maka rata – rata D50 dari ketiga pengambilan data sedimen tersebut adalah

$$\mathbf{0.08056\text{mm}}$$

Analisa TSS

	-0.2m	-0.4m	-0.6m
P1(mg/l)	170	200	180
P2(mg/l)	148	172	186
P3(mg/l)	184	200	208

Tabel 4.1 Tabel TSS

Rata – rata TSS dari P1 adalah 183.33 mg/l

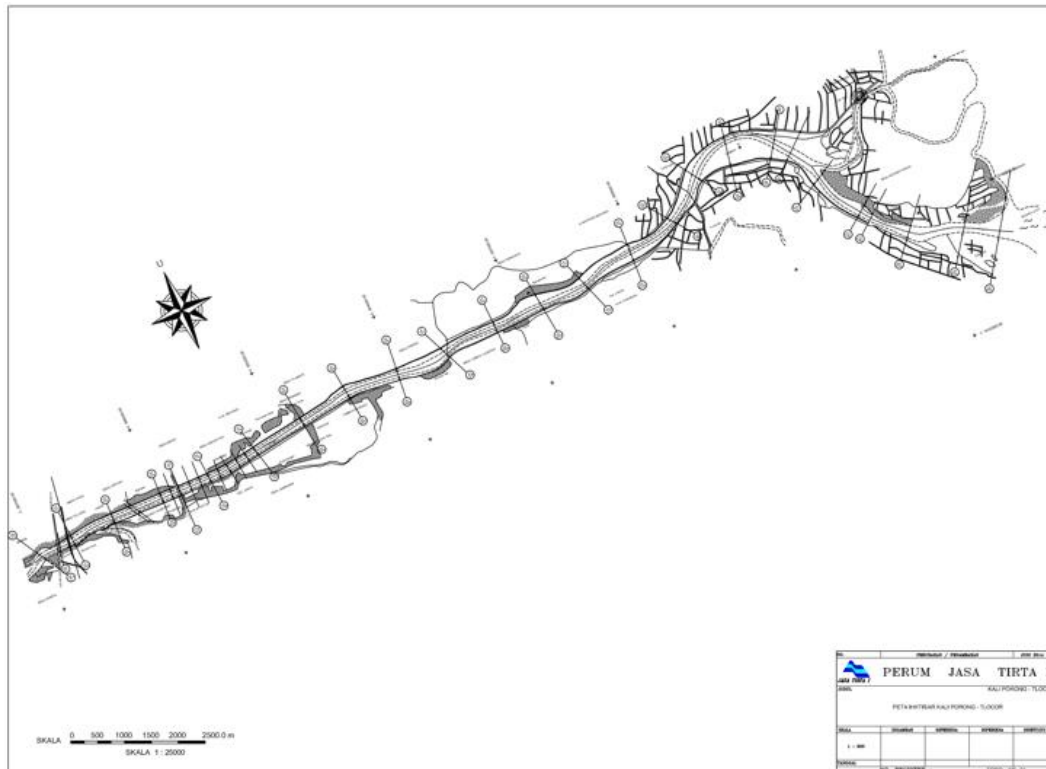
Rata – rata TSS dari P2 adalah 168.66 mg/l

Rata – rata TSS dari P3 adalah 197.33 mg/l

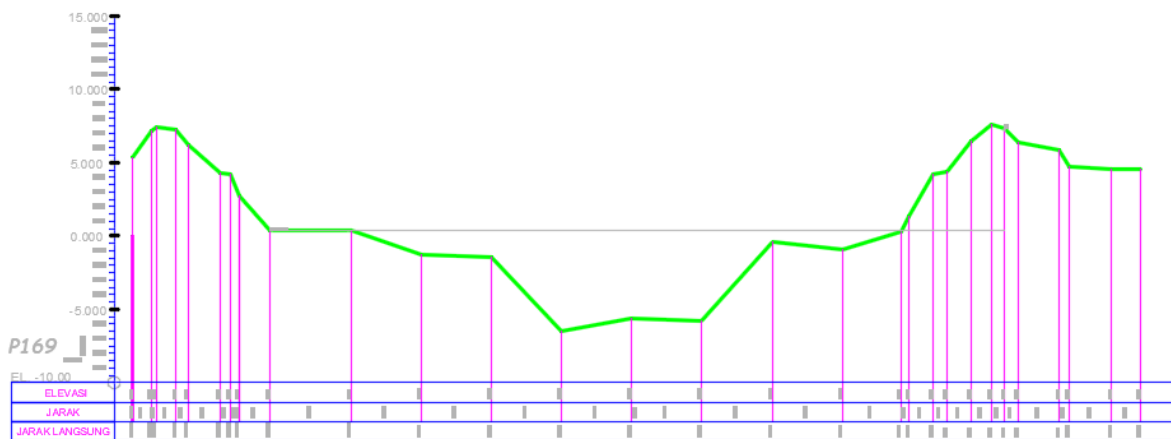
Rata – rata dari ketiga TSS adalah 183.11 mg/l

4.2.4 Cross-section dan Batimetri

Data cross-section didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (BBWS Brantas) pada tahun 2017.

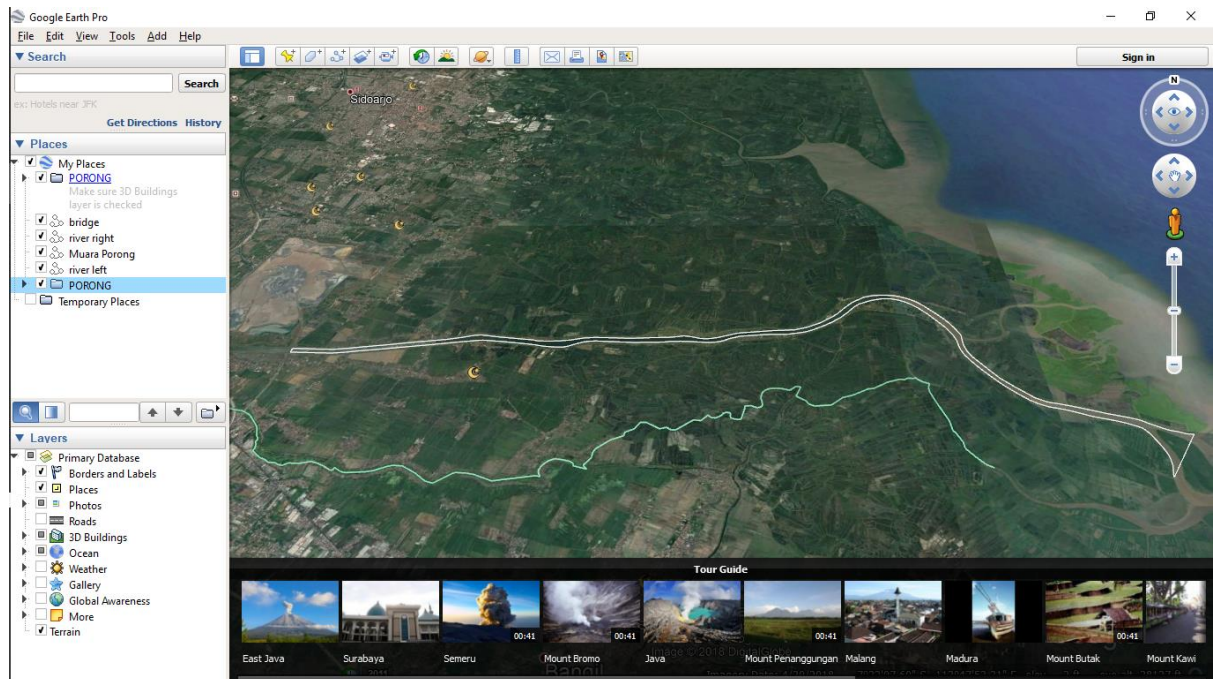


Gambar 4.9 Peta Ikhtisar Kali Porong (BBWS 2018)



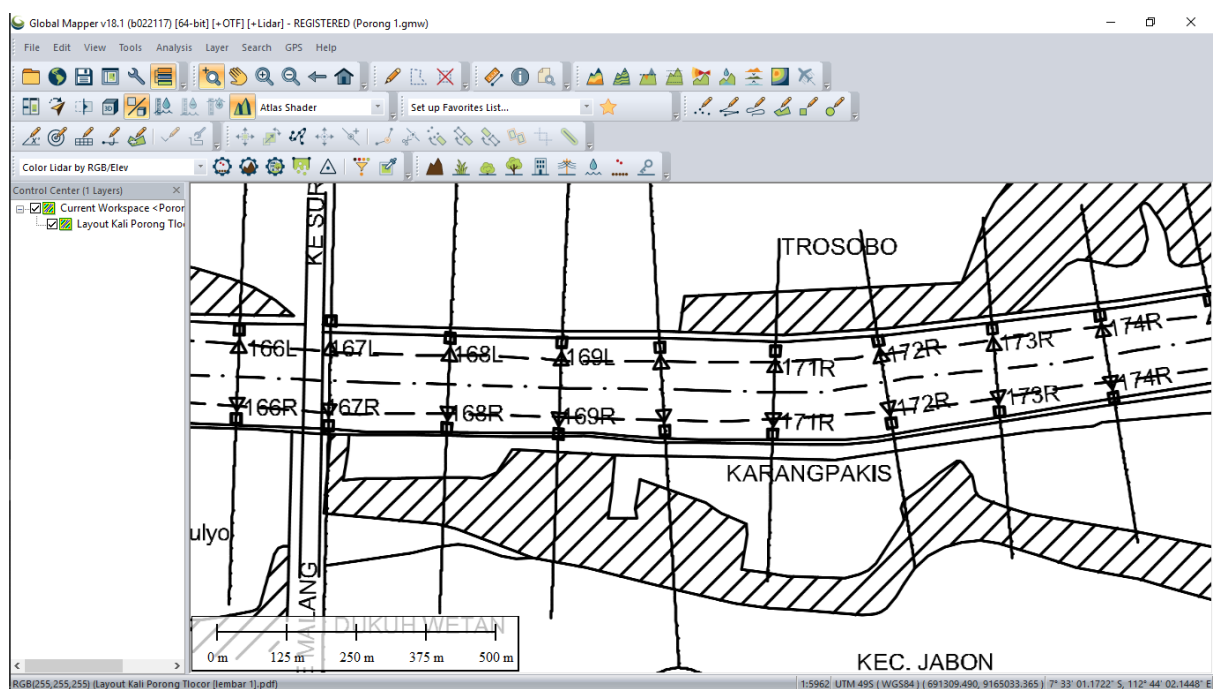
Gambar 4.10 Salah satu contoh Cross section kali porong pada titik P169 (BBWS 2017)

Plotting Sungai menggunakan Google Earth



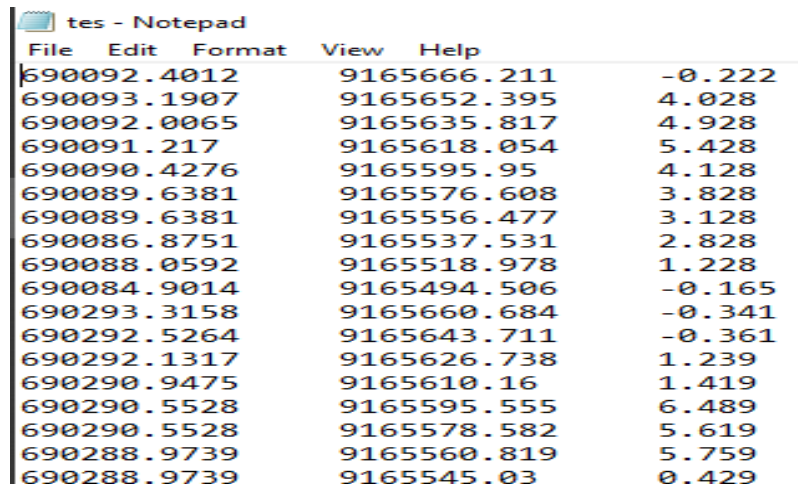
Gambar 4.11 Lokasi Pengamatan (Google Earth. 2018)

Rectifying dan input data elevasi pada tiap cross section menggunakan Global Mapper



Gambar 4.12 Proses input data elevasi pada tiap cross section (Global Mapper)

Masukkan data elevasi pada tiap cross-section di peta berdasarkan data cross-section seperti yang sudah dicantumkan sebelumnya. Setelah semua cross-section berhasil diberi elevasi yang sesuai dengan data, maka data batimetri berupa file csv dapat dihasilkan.



File	Edit	Format	View	Help
690092.4012			9165666.211	-0.222
690093.1907			9165652.395	4.028
690092.0065			9165635.817	4.928
690091.217			9165618.054	5.428
690090.4276			9165595.95	4.128
690089.6381			9165576.608	3.828
690089.6381			9165556.477	3.128
690086.8751			9165537.531	2.828
690088.0592			9165518.978	1.228
690084.9014			9165494.506	-0.165
690293.3158			9165660.684	-0.341
690292.5264			9165643.711	-0.361
690292.1317			9165626.738	1.239
690290.9475			9165610.16	1.419
690290.5528			9165595.555	6.489
690290.5528			9165578.582	5.619
690288.9739			9165560.819	5.759
690288.9739			9165545.03	0.429

Gambar 4.13 Contoh data batimetri berupa csv

Data ini yang nantinya akan digunakan untuk melengkapi grid yang sudah dibuat hingga menjadi peta batimetri. Peta batimetri ini yang nantinya akan dimasukkan dalam FLOW untuk menjadi model pada simulasi yang akan dijalankan.

Pembuatan Grid pada Delft3D

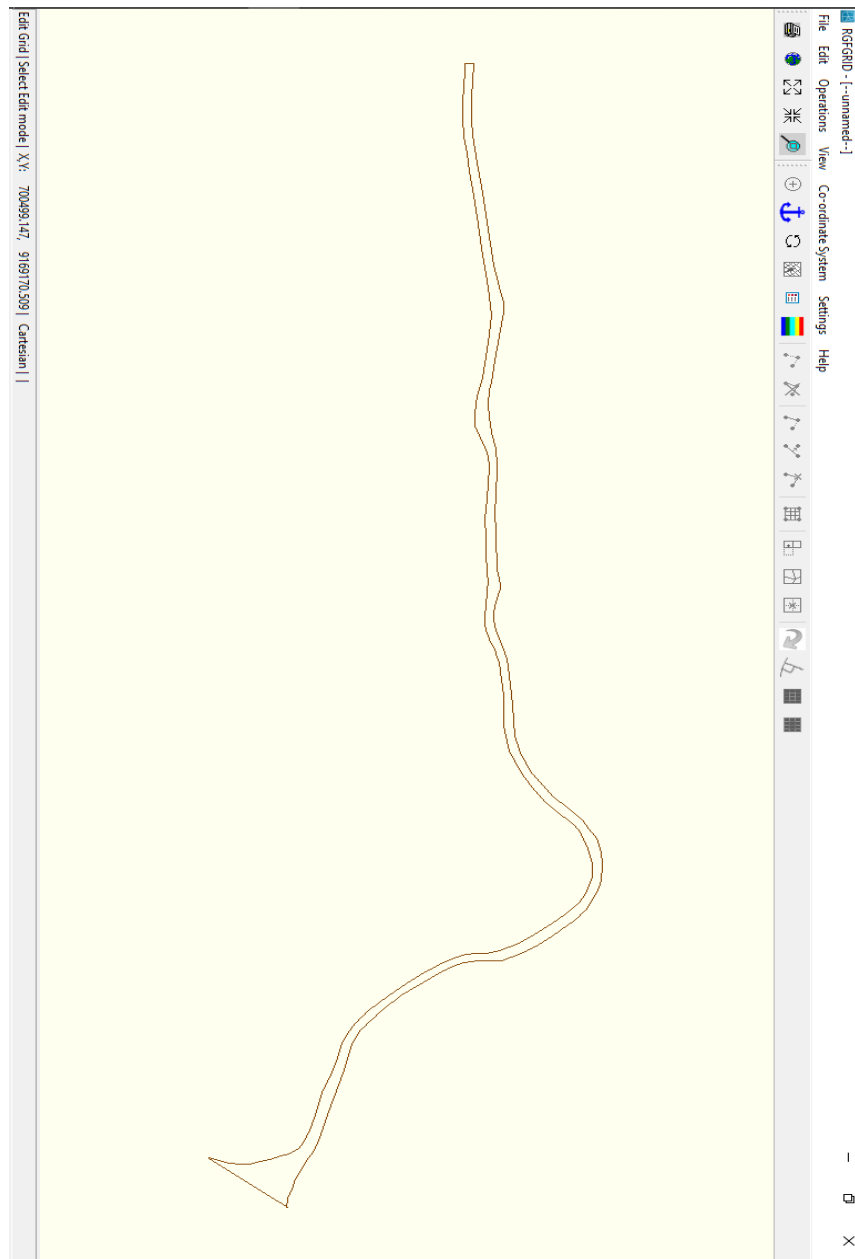
Buatlah file land boundary melalui Google Earth dengan cara membuat garis mengikuti tepian alur sungai. Garis dibuat mengikuti tepian alur sungai sesuai daerah yang akan diteliti, untuk ini maka garis dibuat dari jembatan porong yang mana di sebelahnya terletak pipa pembuangan lumpur, sepanjang sungai, hingga ke muara. Setelah membuat garis pada masing – masing tepian sungai, maka hasilnya akan terlihat seperti pada gambar 4.14 di bawah. Simpan file LDB, file ini nanti yang akan menjadi boundaries pada model yang akan disimulasikan dalam Delft3D.

Buka RFGRID pada Delft3D untuk memuat file LDB yang telah dibuat. Setelah gambar berhasil dimuat, buatlah spline pada 4 sisinya di luar peta dan buat tiap garis spline saling bersilangan seperti pada gambar 4.15. Setelah spline selesai dibuat, klik symbol grid untuk memenuhi daerah di dalam spline dengan grid seperti gambar 4.16. Ukuran grid dapat disesuaikan dengan kebutuhan, semakin kecil grid maka semakin teliti pula simulasi yang akan dijalankan.

Grid yang dibutuhkan untuk penelitian hanyalah grid yang ada di dalam model sungai, maka grid yang ada di luar sungai harus dihapus. Gunakan polygon untuk menghapus grid di luar model sungai secara perlahan. Setelah semua grid yang berada di luar model sungai dihapus hasil akhir yang diinginkan akan tampak seperti pada gambar 4.17.

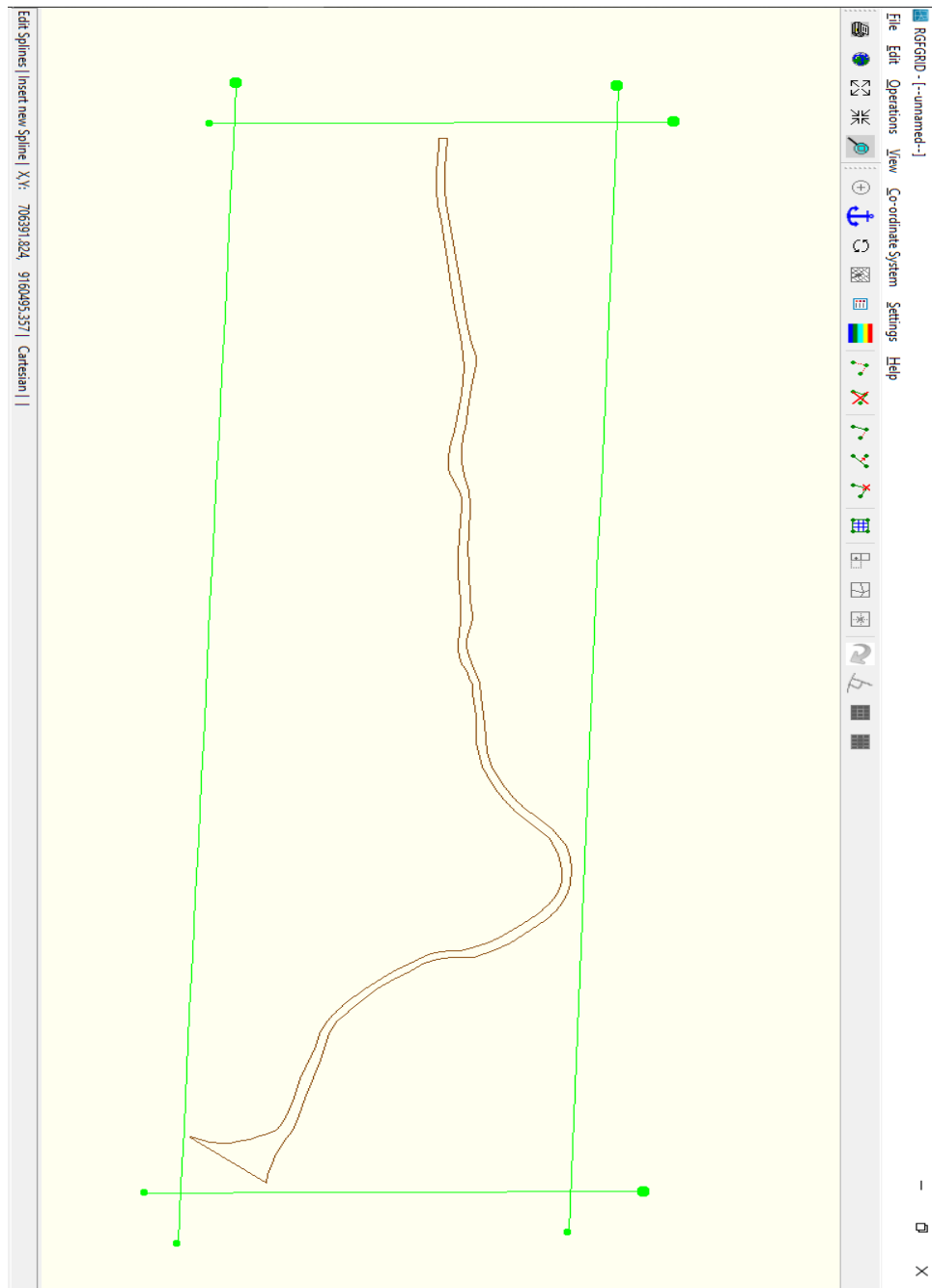
Gambar model beserta grid yang telah dirapihkan seharusnya terlihat seperti gambar 4.18 – 4.19. Setelah model dan grid telah rapih, masukkan data csv (gambar 4.13) di atas. Hasil akhir yang diinginkan dari RFGRID adalah model dengan grid dan elevasi pada tiap cross-section seperti gambar 4.20 – 4.24. Selanjutnya kita dapat memulai analisa menggunakan model yang sudah jadi pada FLOW

Buka land boundary yang sudah dibuat pada google earth sebelumnya.



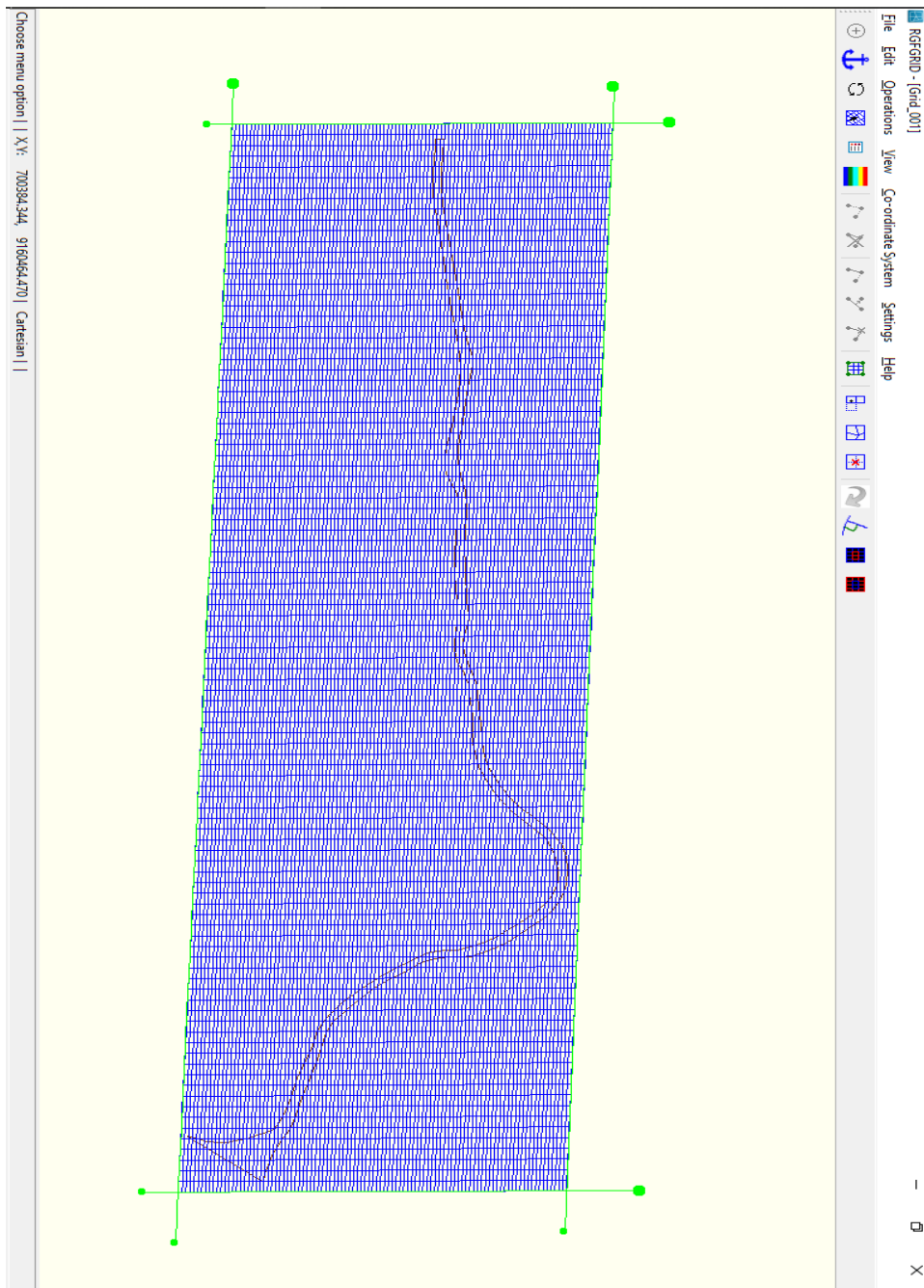
Gambar 4.14 Land Boundary sungai Porong

Berikan spline untuk membuat grid



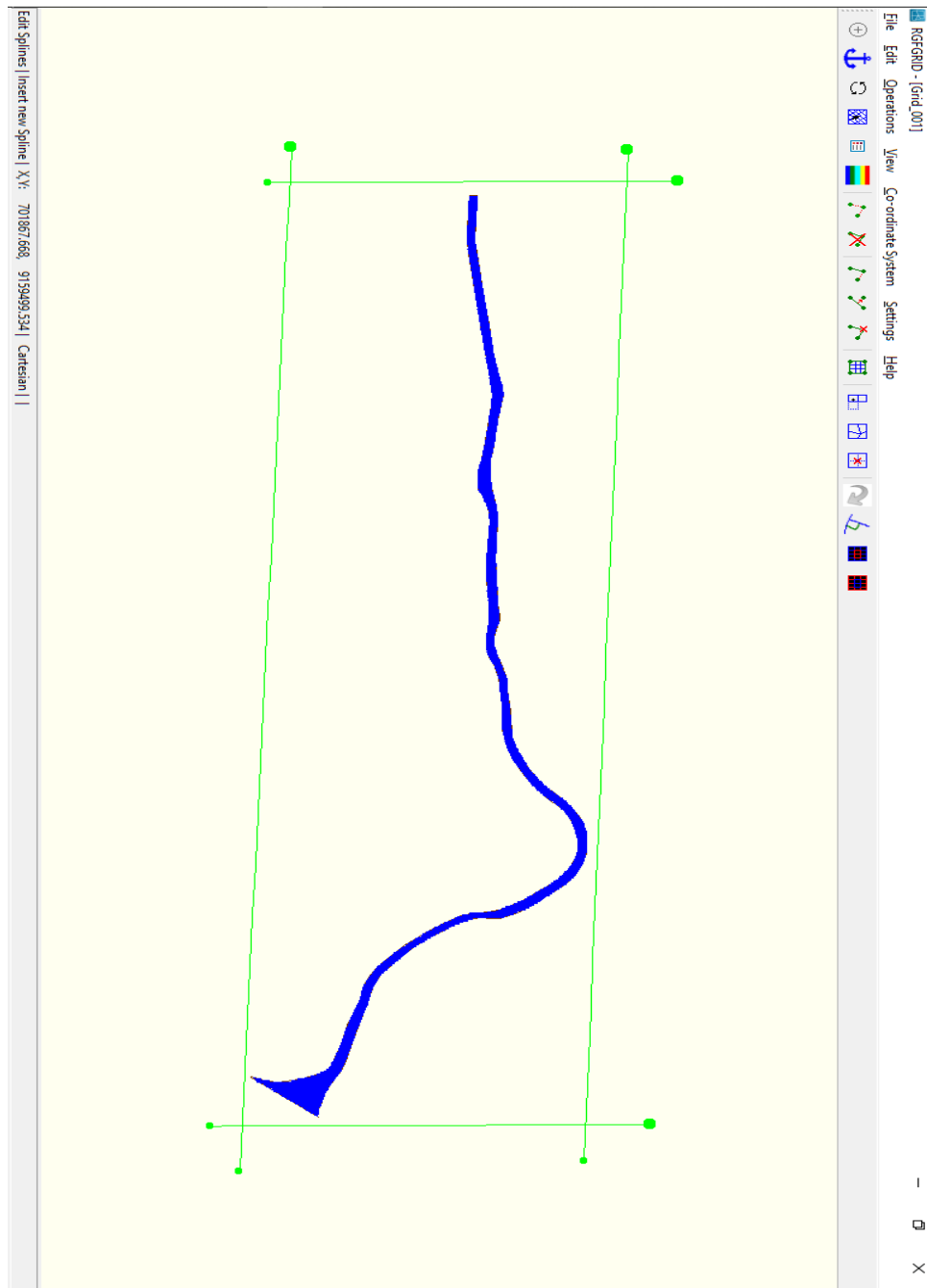
Gambar 4.15 Pemberian Spline

Pembuatan grid

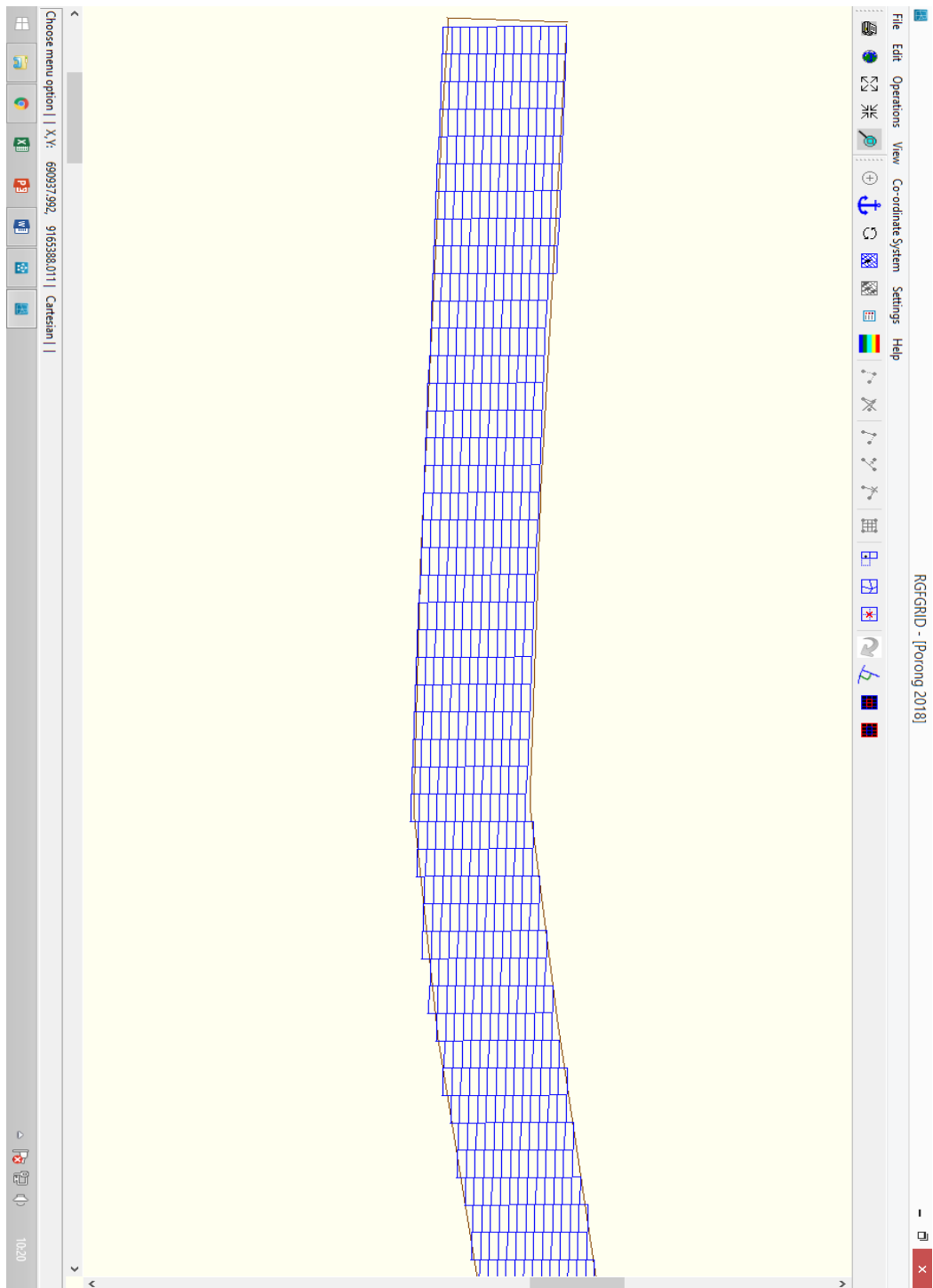


Gambar 4.16 Pemberian Grid

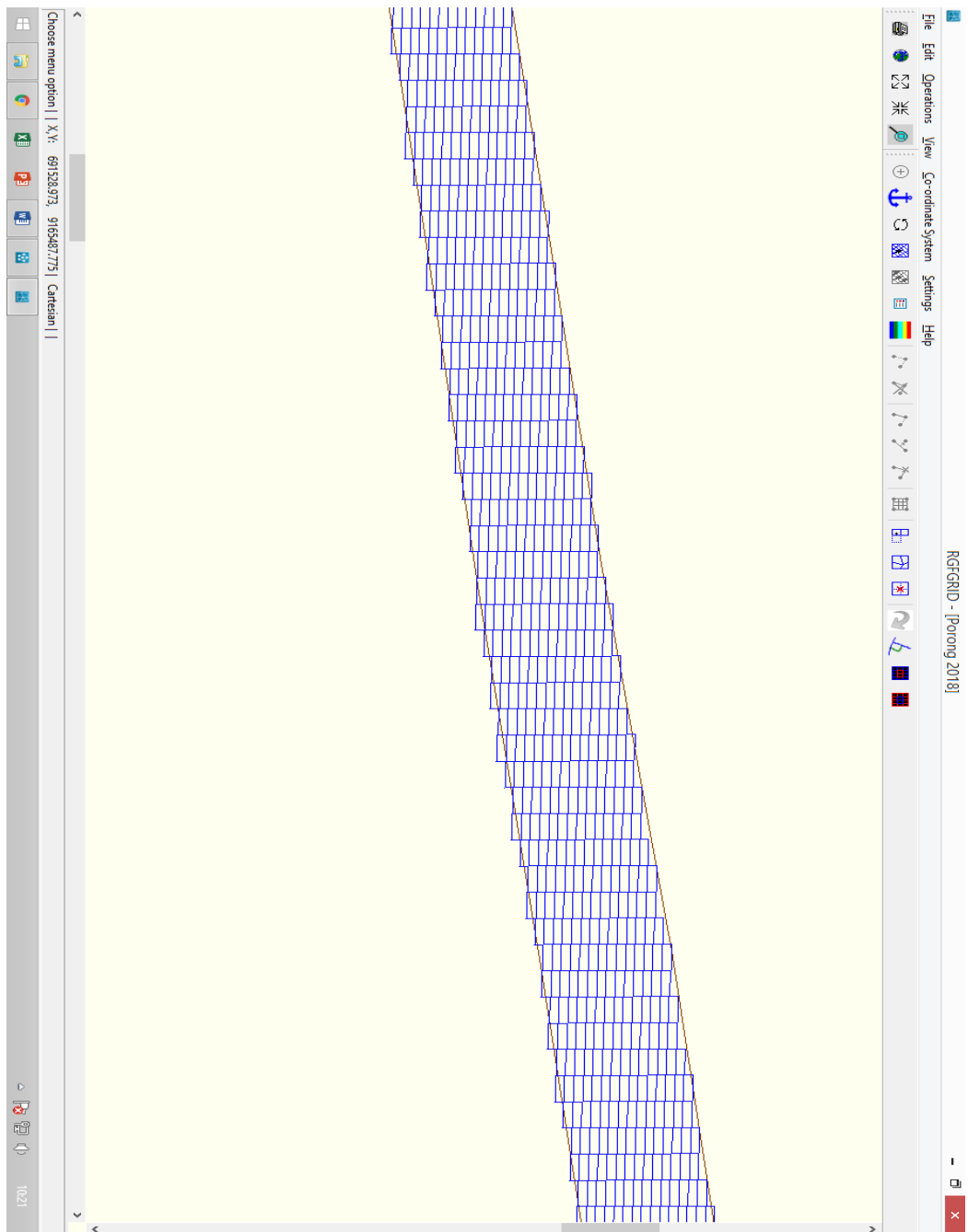
Rapihkan grid hingga hanya ada pada sungai



Gambar 4.17 Merapikan Grid

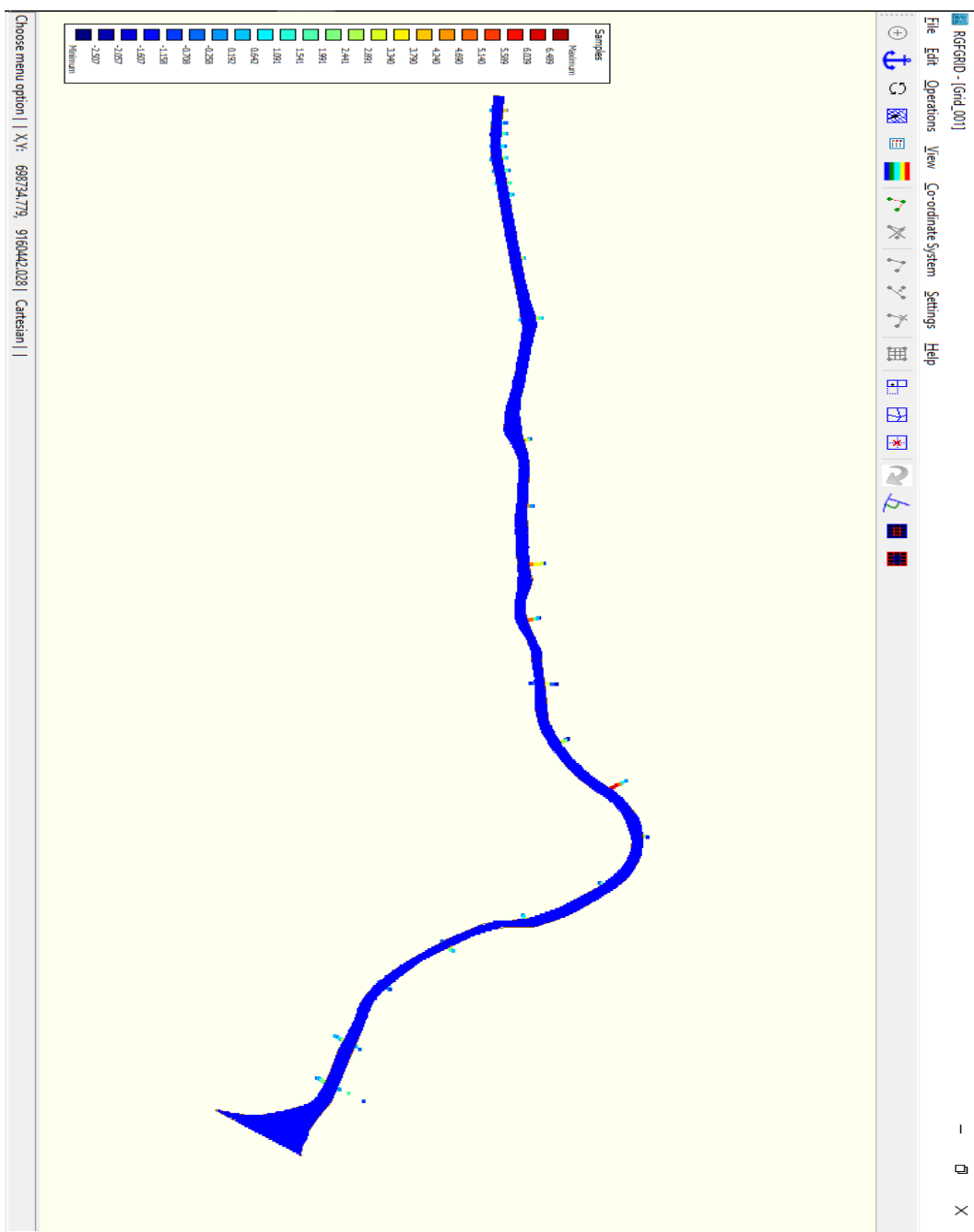


Gambar 4.18 Potongan Grid

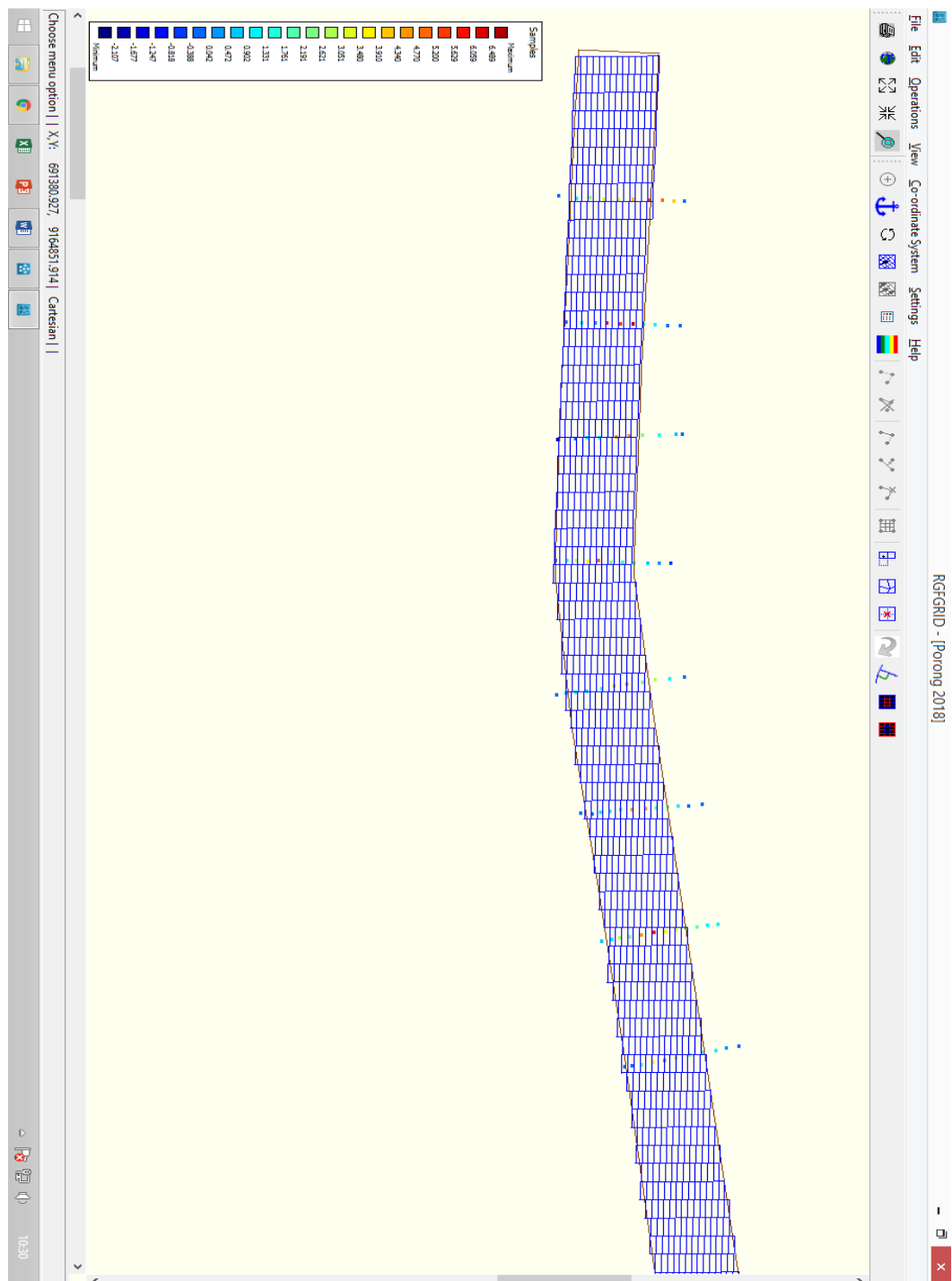


Gambar 4.19 Potongan Grid

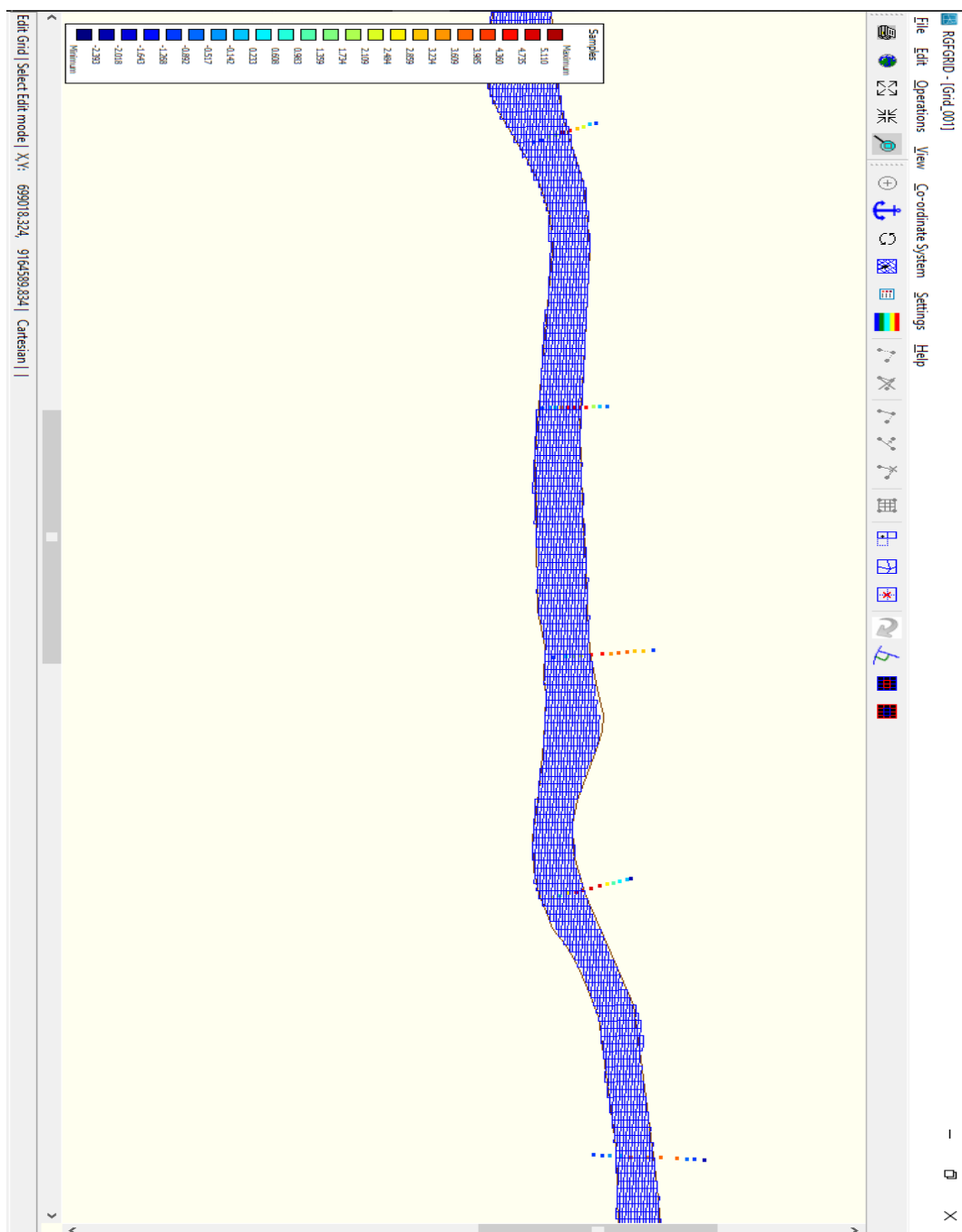
Masukkan file csv hingga grid memiliki data kedalaman sungai



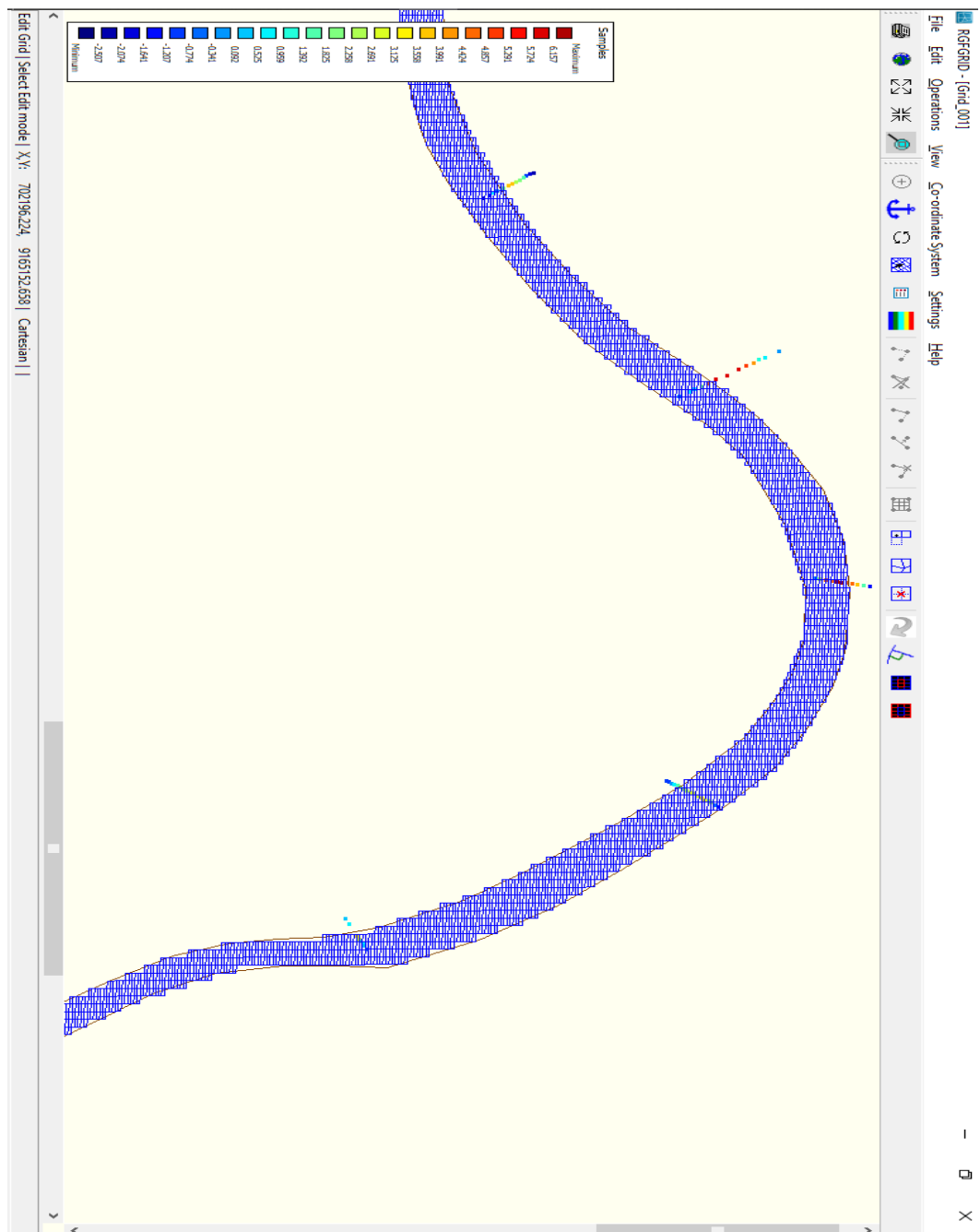
Gambar 4.20 Penampakan Cross-section pada grid



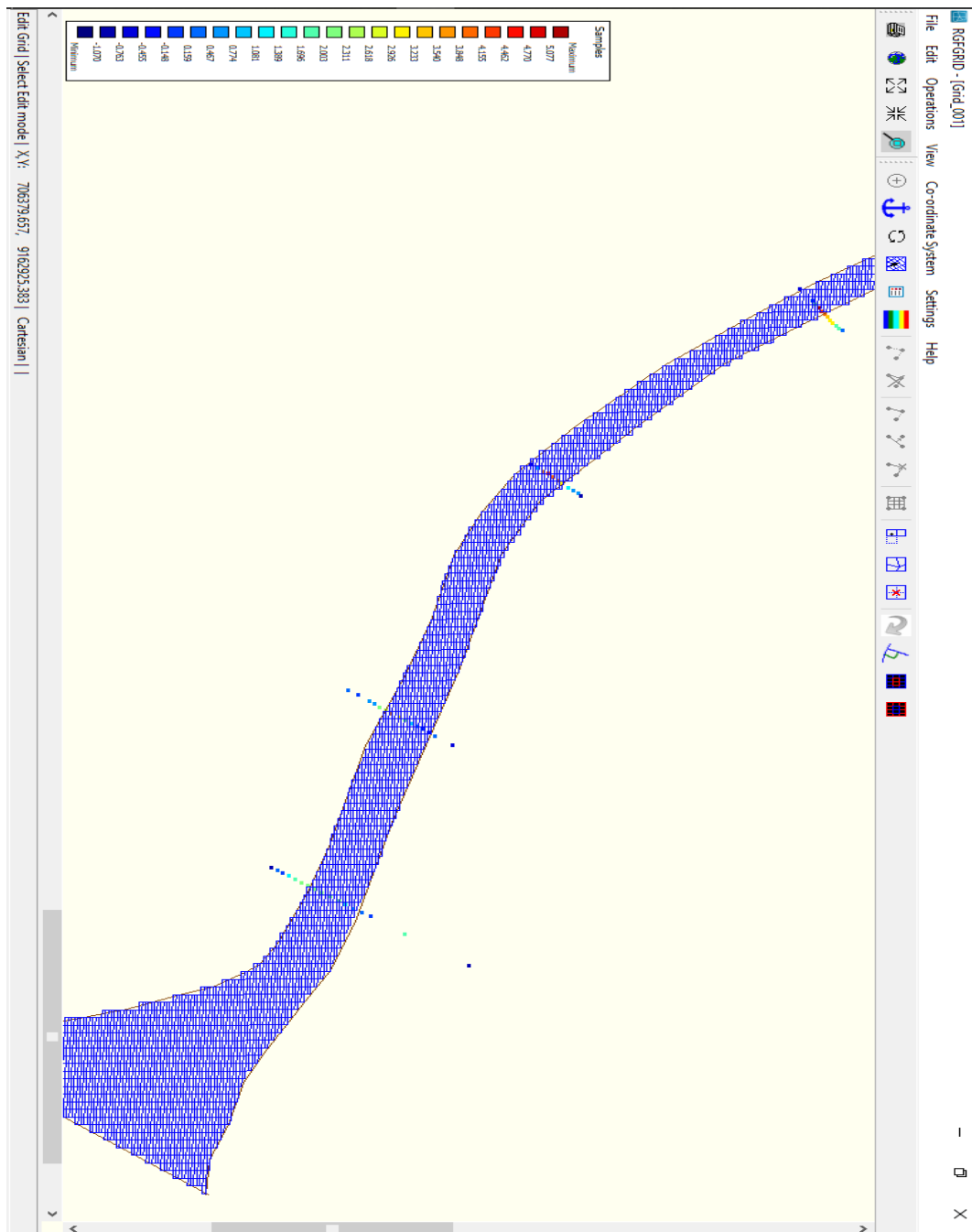
Gambar 4.21 Penampakan Cross-section pada potongan grid



Gambar 4.22 Penampakan Cross-section pada potongan grid

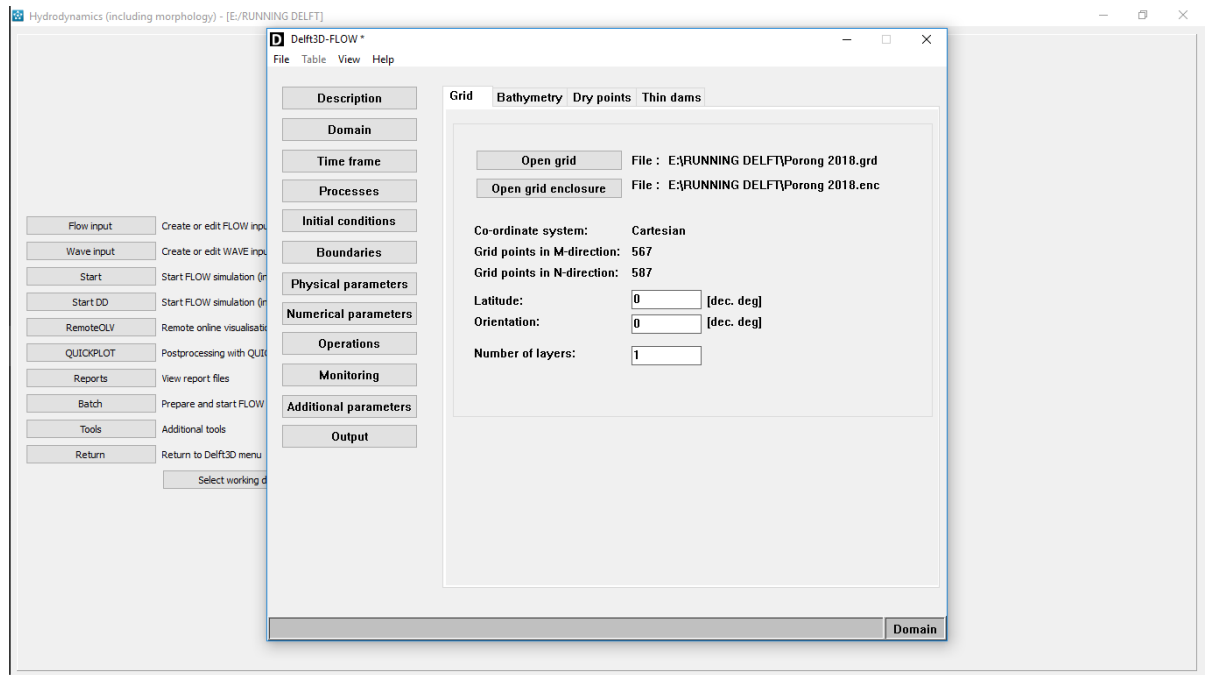


Gambar 4.23 Penampakan Cross-section pada potongan grid



Gambar 4.24 Penampakan Cross-section pada potongan grid

4.2.5 Analisa Sedimentasi

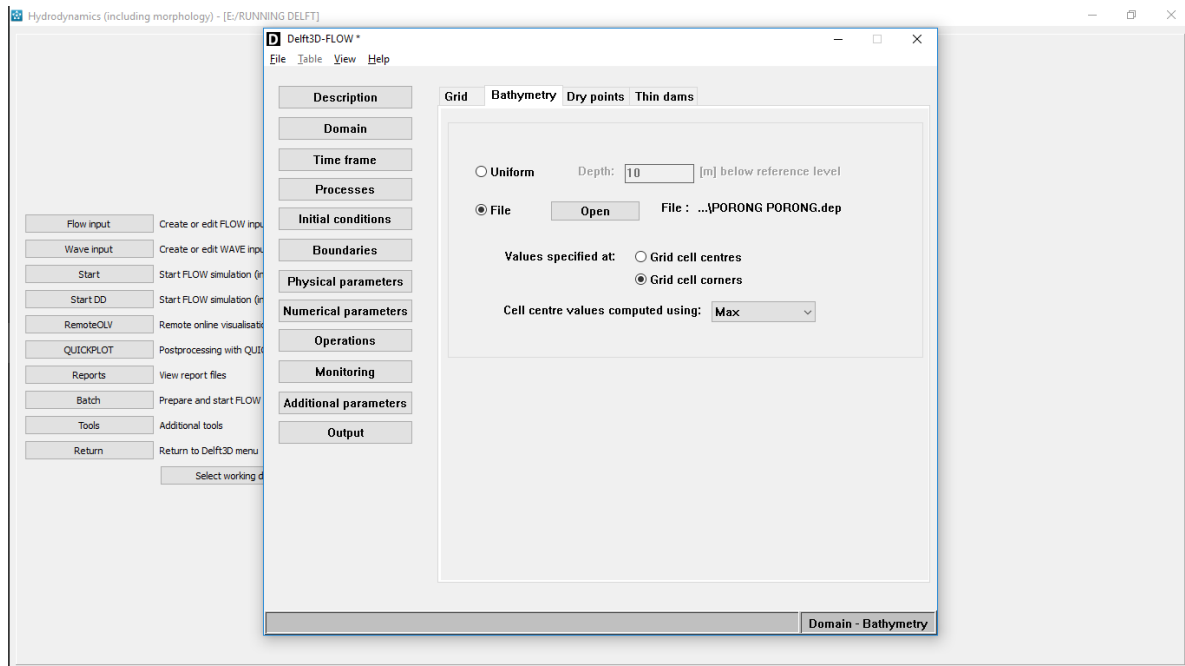


Gambar 4.25 Flow Input - Grid

Buka FLOW input, pada tabel Grid tersedia pilihan untuk memuat grid yang telah dibuat. Masukkan juga grid pada grid enclosure sesuai dengan grid yang dimuat pada pilihan sebelumnya. Jika grid enclosure tidak dimuat maka Delft akan secara otomatis membuat enclosure sesuai grid yang dimuat. Hal ini mengurangi ketelitian atau berujung pada error saat akan menjalankan simulasi.

Untuk analisa yang berhubungan dengan rata – rata kedalaman maka pada kolom number of layers diisi dengan angka 1. Untuk analisa dengan 3D maka angka yang diisi harus lebih dari 1, dan tiap layer harus ditentukan ketebalannya.

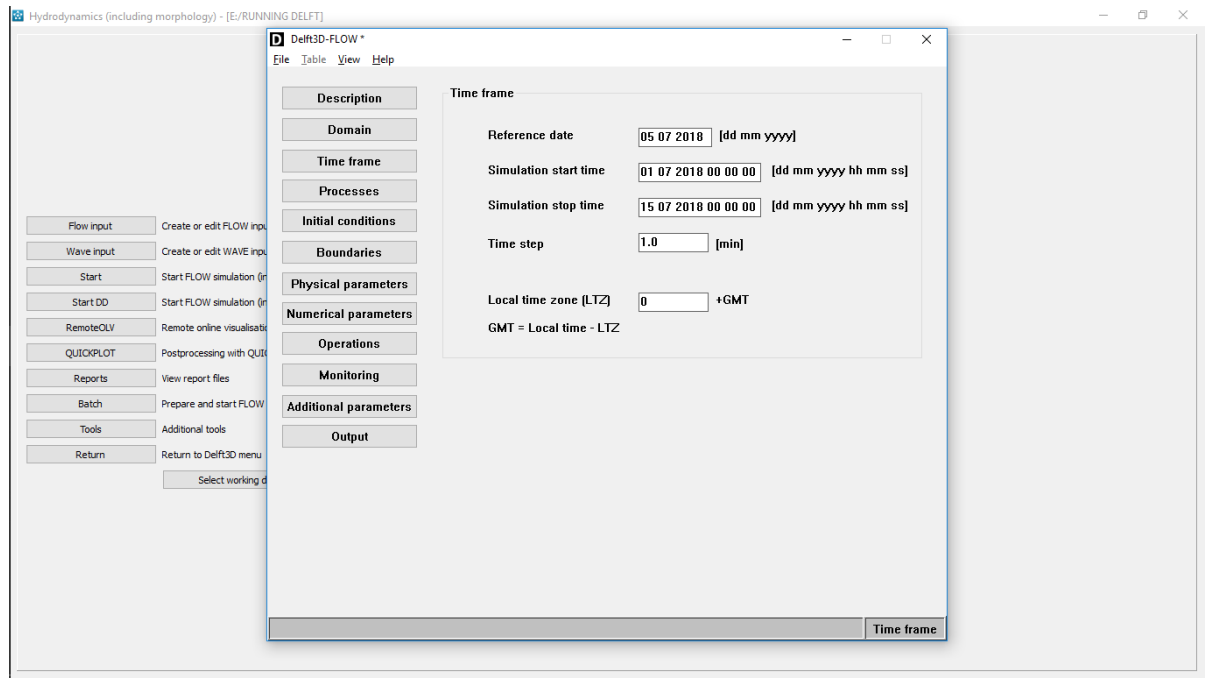
Input Batimetri



Gambar 4.26 Flow Input - Bathymetry

Pada tabel batimetri, klik file untuk memuat data batimetri yang sudah dibuat sebelumnya. Pilih grid cell corners untuk memuat nilai kedalaman pada ujung – ujung cell. Pilih max pada cell centre value computed using untuk menggunakan nilai kedalaman yang paling tinggi pada tiap cell.

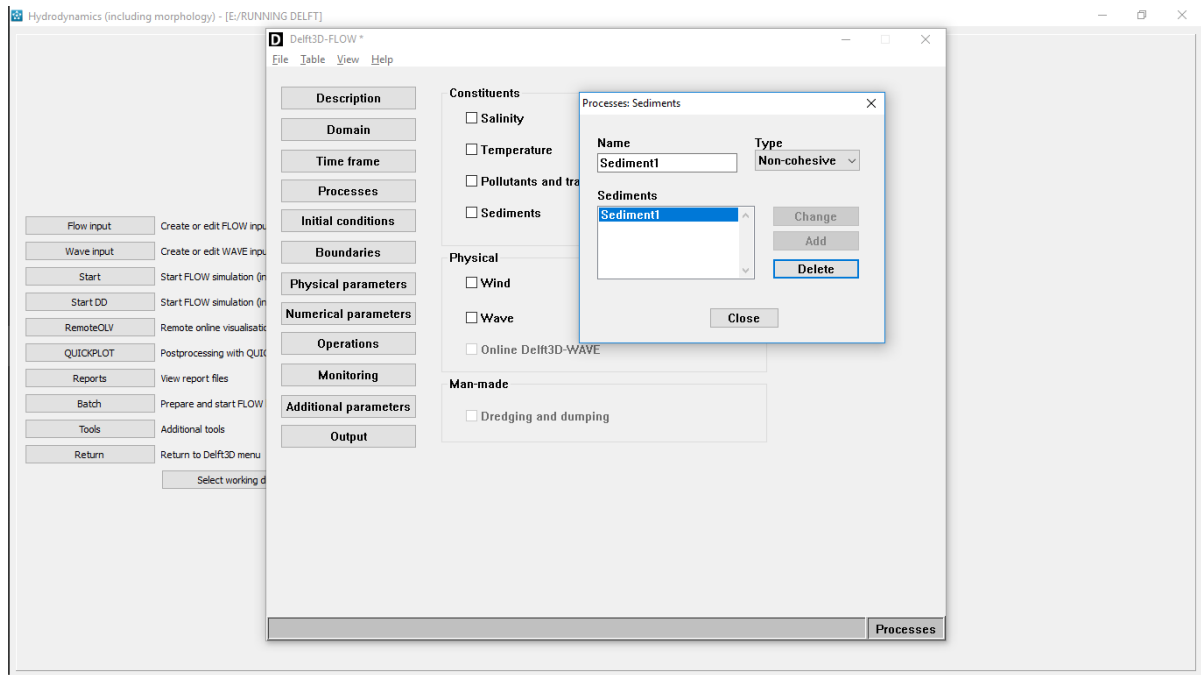
Tentukan time frame



Gambar 4.27 Flow Input – Time Frame

Pada tabel time frame kita dapat menentukan berapa lama simulasi kita akan berjalan. Tanggal yang tertera sesuai dengan tanggal pada dunia nyata. Time step tersedia dalam menit dan dapat diganti sesuai ketelitian yang diinginkan. Local time zone biasanya digunakan jika ada data pasang – surut, ombak, kecepatan angin, dan tekanan atmosfer yang dimuat pada simulasi.

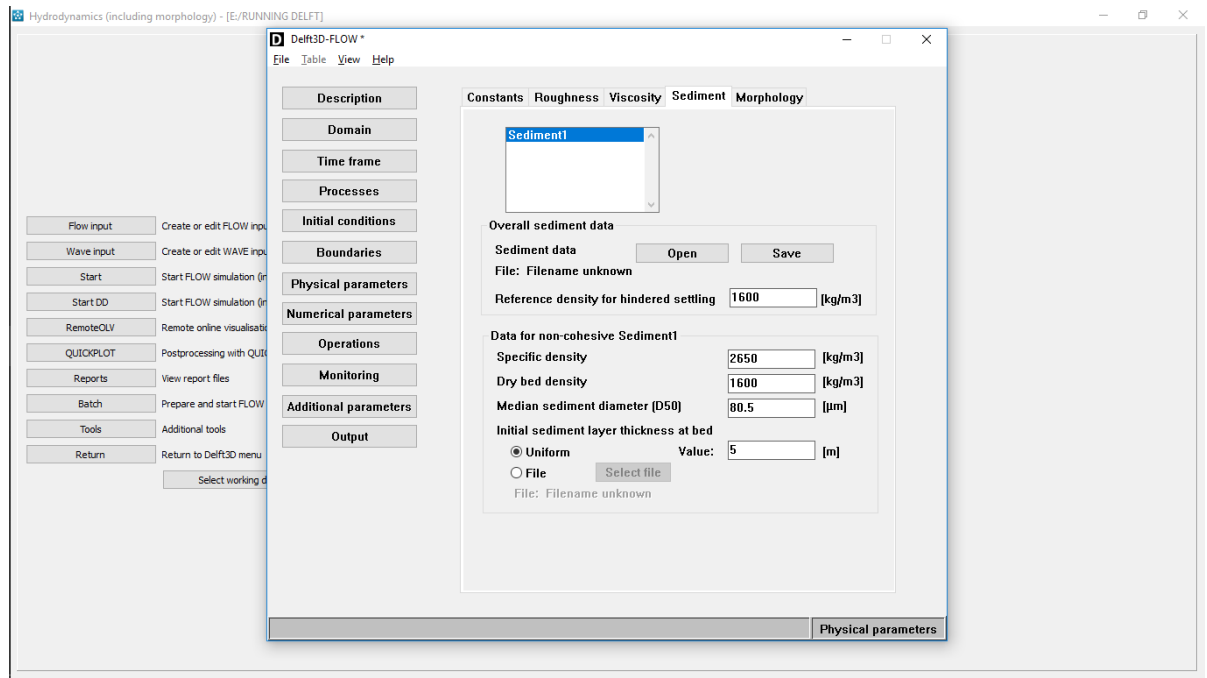
Masukkan sedimen sebagai proses



Gambar 4.28 Flow Input – Processes – Sedimentations

Pada tabel proses kita bisa mengaktifkan variable seperti salinitas, temperature, polutan, sedimen, angin, ombak, dan fenomena buatan manusia seperti dredging dan dumping. Pada analisa ini penulis mengaktifkan sedimen sebagai variable yang akan dikomputasi pada simulasi. Tentukan jenis sedimen sebagai kohesif atau non-kohesif, beri nama, lalu klik add. Data lebih lanjut mengenai sedimen dapat dimuat pada tabel selanjutnya.

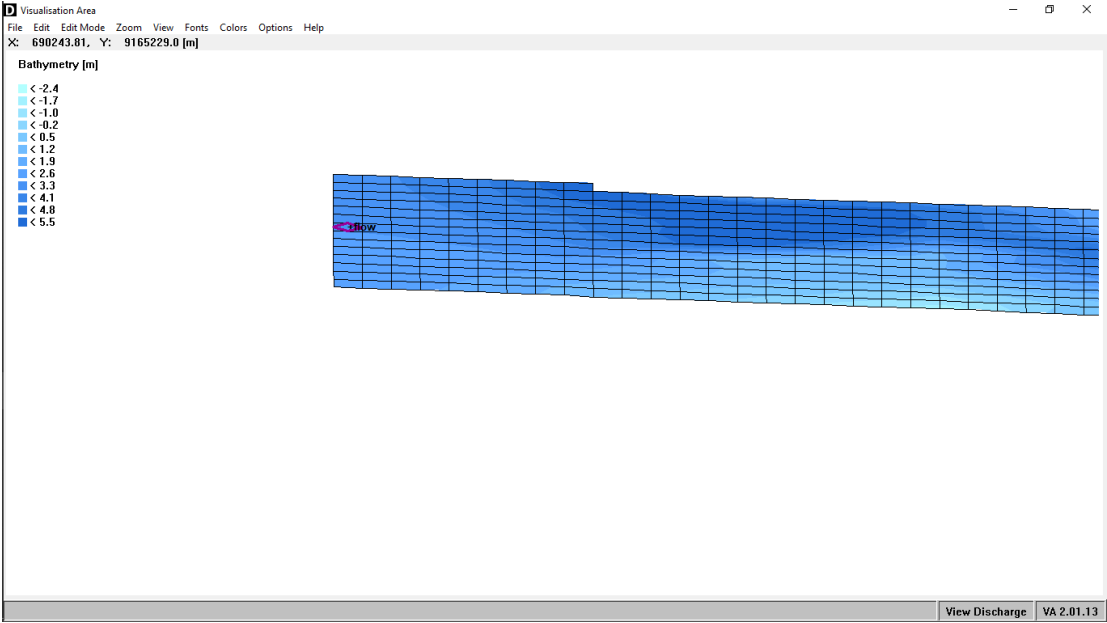
Input data sedimen



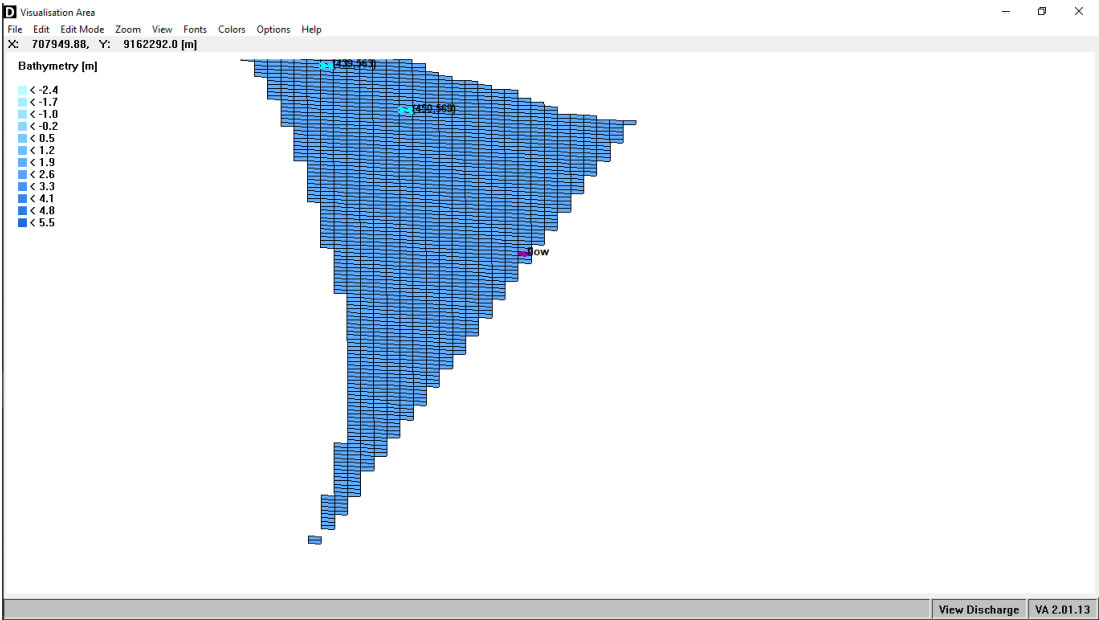
Gambar 4.29 Flow Input – Physical Parameter – Sediment

Pada tabel physical parameter ada beberapa variable yang dapat diubah. Karena sebelumnya pilihan sedimen telah diaktifkan, maka klik sedimen untuk memasukkan data – data yang dibutuhkan. Kolom yang muncul akan berbeda tergantung sedimen yang dipilih di tabel sebelumnya termasuk kohesif atau non-kohesif. Masukkan data D50 yang telah dihitung pada kolom.

Tentukan posisi discharge

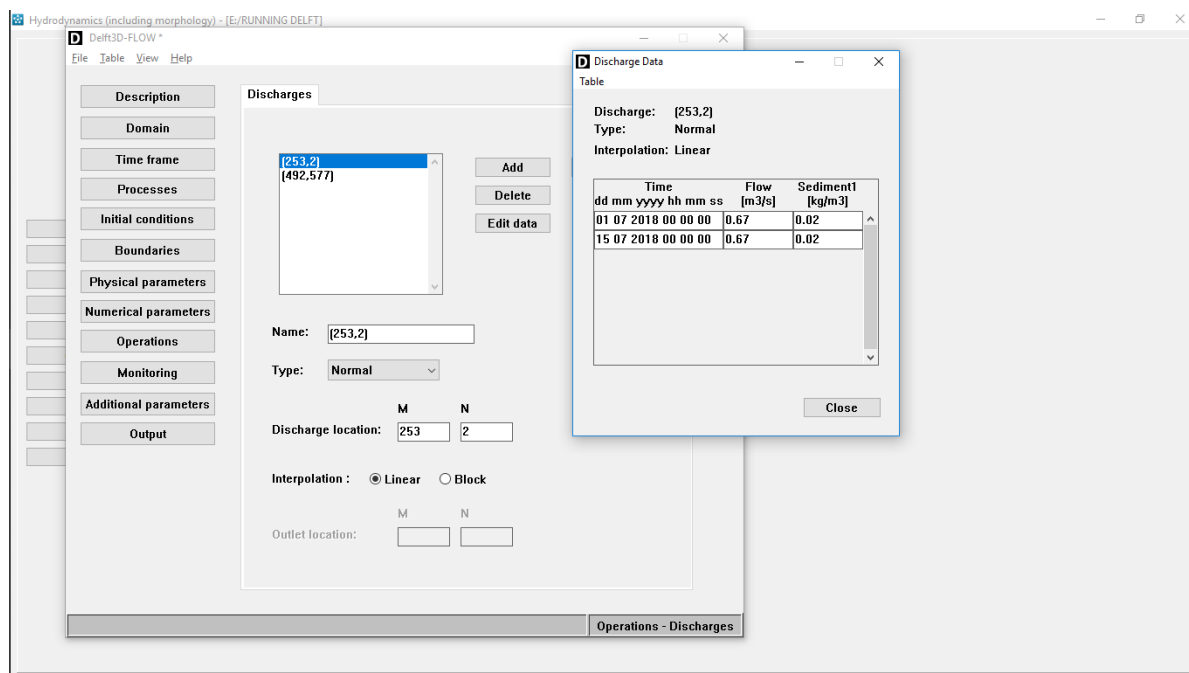


Gambar 4.30 Flow Input – Positive Discharge



Gambar 4.31 Flow Input – Negative Discharge

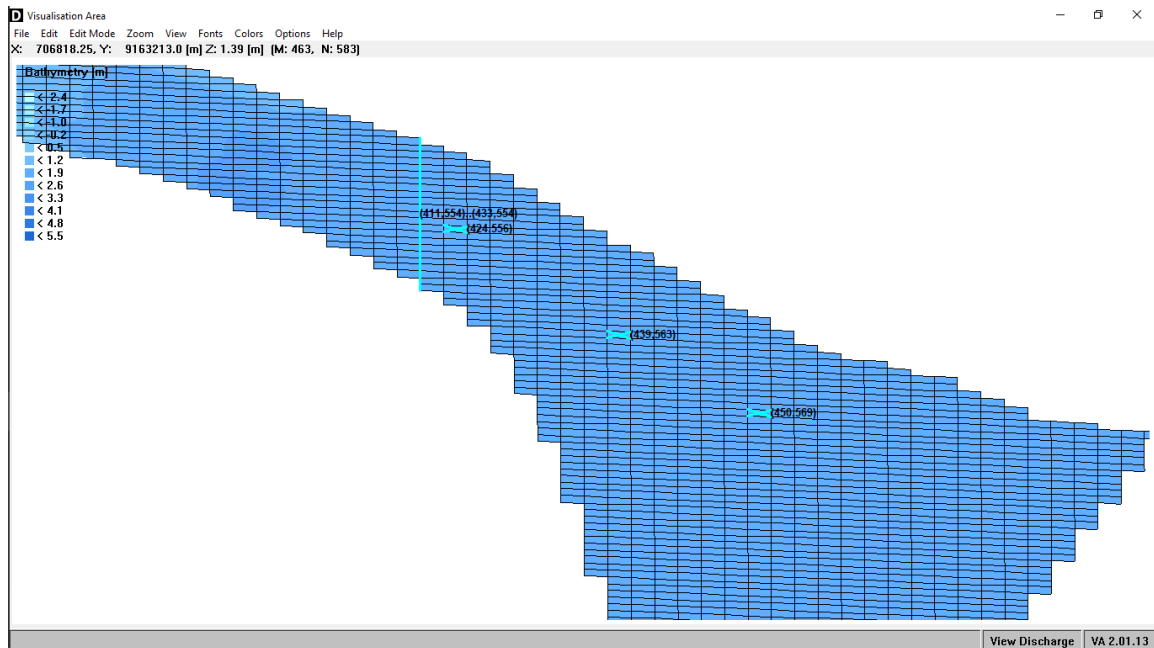
Input data arus dan sedimen



Gambar 4.32 Flow Input – Arus dan TSS

Pada tabel operations, gunakan visualitation area untuk menentukan titik discharge. Positive discharge (gambar 4.30) adalah titik dimana arus air masuk dan Negative discharge (4.31) adalah titik dimana arus air keluar. Beri nama pada tiap titik dan klik edit untuk mengisi nilai debit dan TSS yang sudah dihitung sebelumnya. Semakin banyak variable yang diaktifkan maka akan semakin banyak kolom yang dapat diisi pada tabel ini.

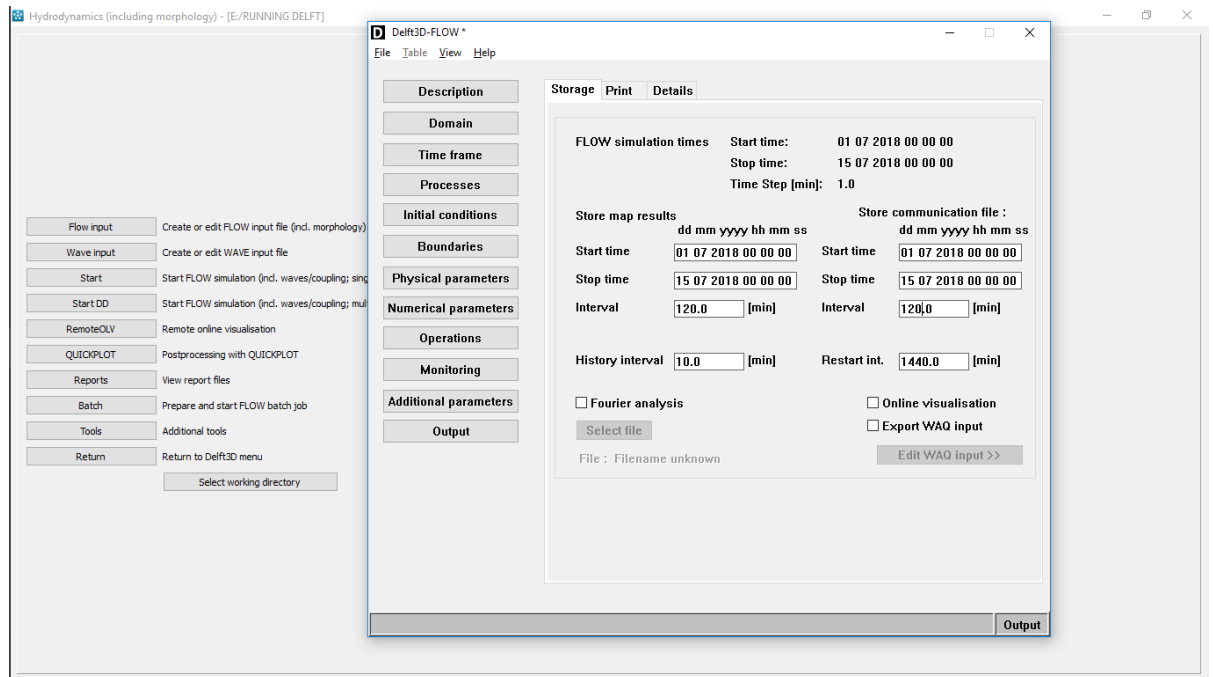
Tentukan titik observasi



Gambar 4.33 Flow Input – Titik Observasi dan Cross Section

Pada tabel obeservasi, buka kembali visualitation area untuk menentukan titik – titik dan cross-section yang akan menjadi titik observasi. Titik observasi digunakan untuk mengamati semua variable yang disimulasikan terhadap waktu. Cross-section digunakan untuk mengamati laju transport terhadap waktu dalam interval yang telah ditentukan.

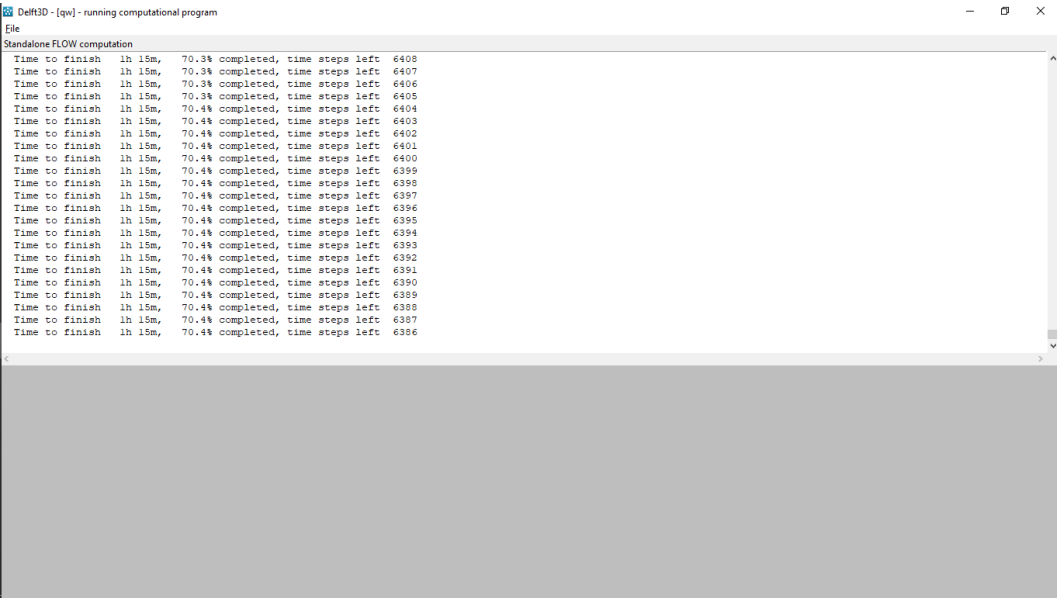
Tentukan output dan interval pengamatan



Gambar 4.34 Flow Input – Output

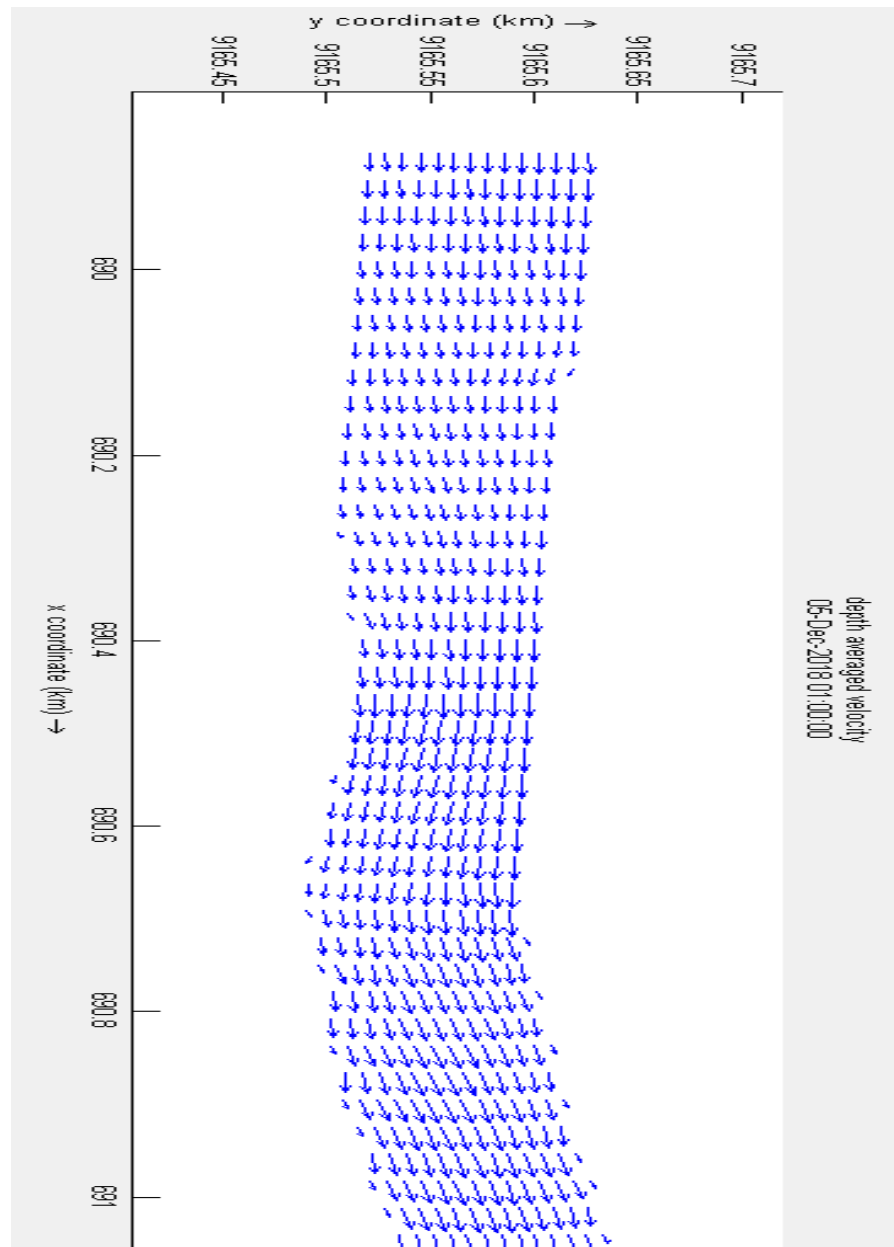
Tabel output digunakan untuk menyimpan data selama simulasi. Interval penyimpanan data dapat disesuaikan dengan ketelitian dan kebutuhan. Sesuaikan kembali tanggal mulai dan tanggal akhir simulasi yang akan dilakukan. Semakin kecil interval semakin teliti hasil analisa dan semakin lama pula waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan simulasi. Setelah selesai proses pengisian data pada FLOW, save all untuk menyimpan semua variable dan file MDS yang akan digunakan untuk memulai simulasi.

Setelah selesai set up data pada Flow Input, pilih start untuk memulai proses running data.

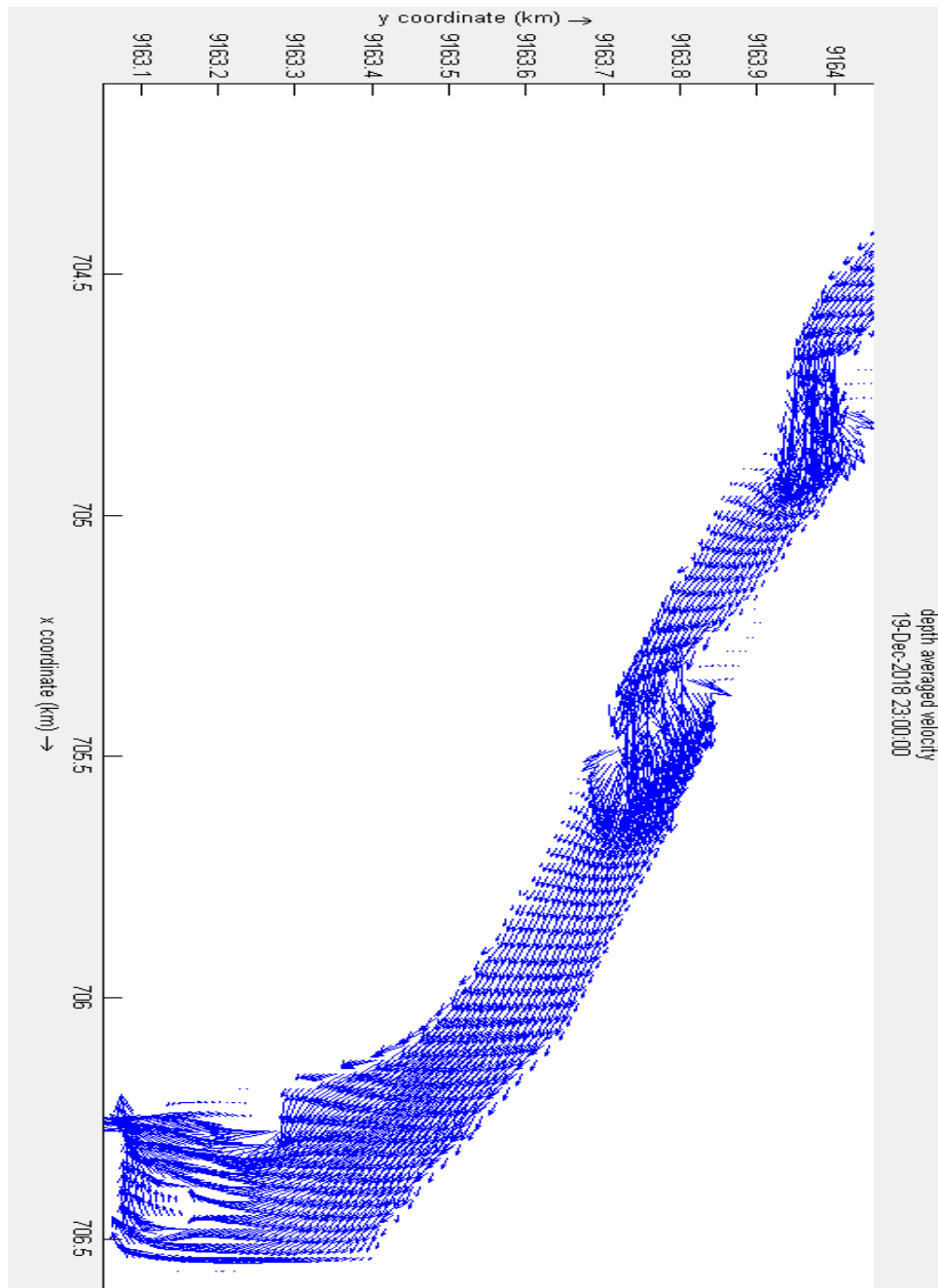


Gambar 4.35 Flow - Running

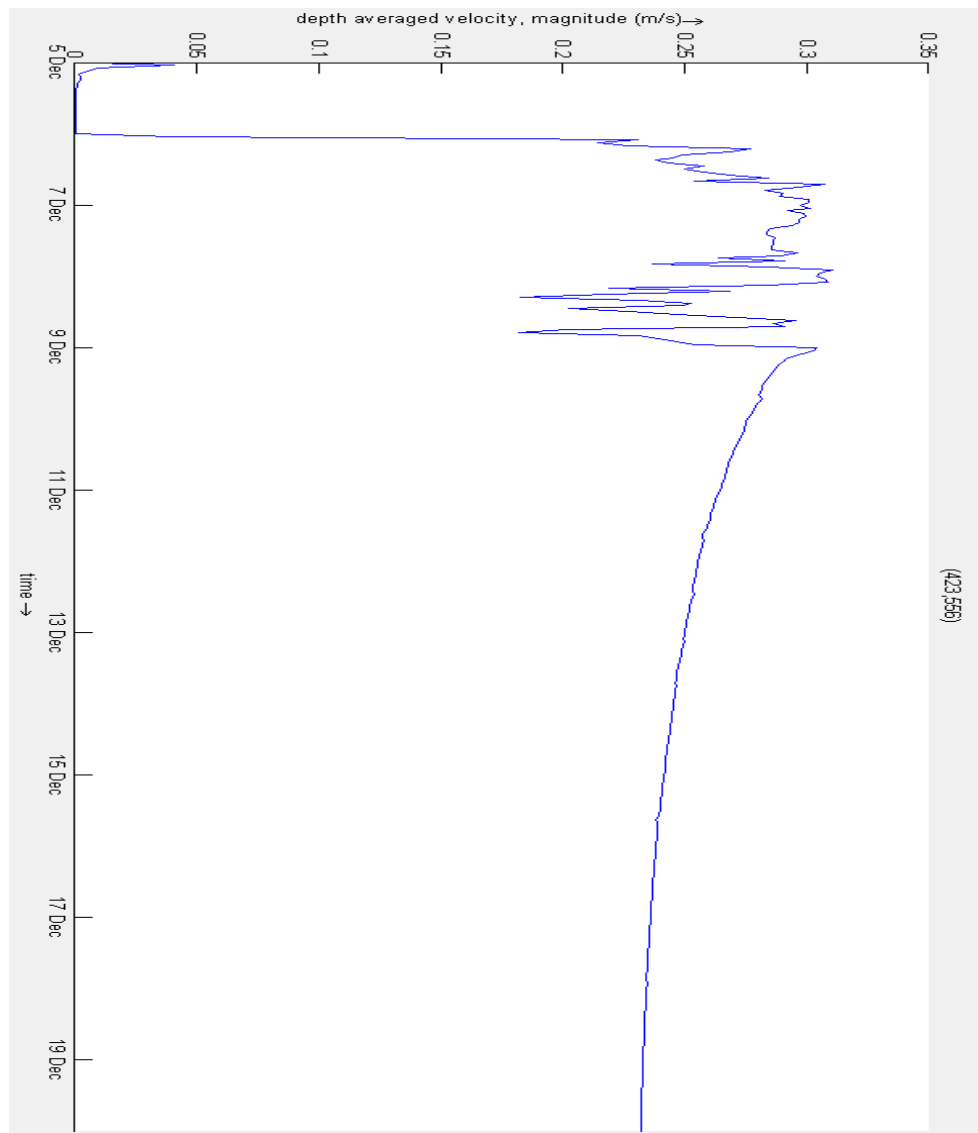
Durasi proses running bergantung pada lama simulasi dan ketelitian pada tiap variable yang telah ditentukan. Contoh, semakin kecil grid, semakin banyak variable yang dimasukkan, semakin panjang time frame, akan membuat simulasi lebih teliti dan juga memakan waktu yang lebih lama dalam proses runningnya. Setelah proses running selesai, hasil analisa simulasi dapat dibuka melalui quickplot.



Gambar 4.36 Depth Average Velocity 6-12-18 01.00



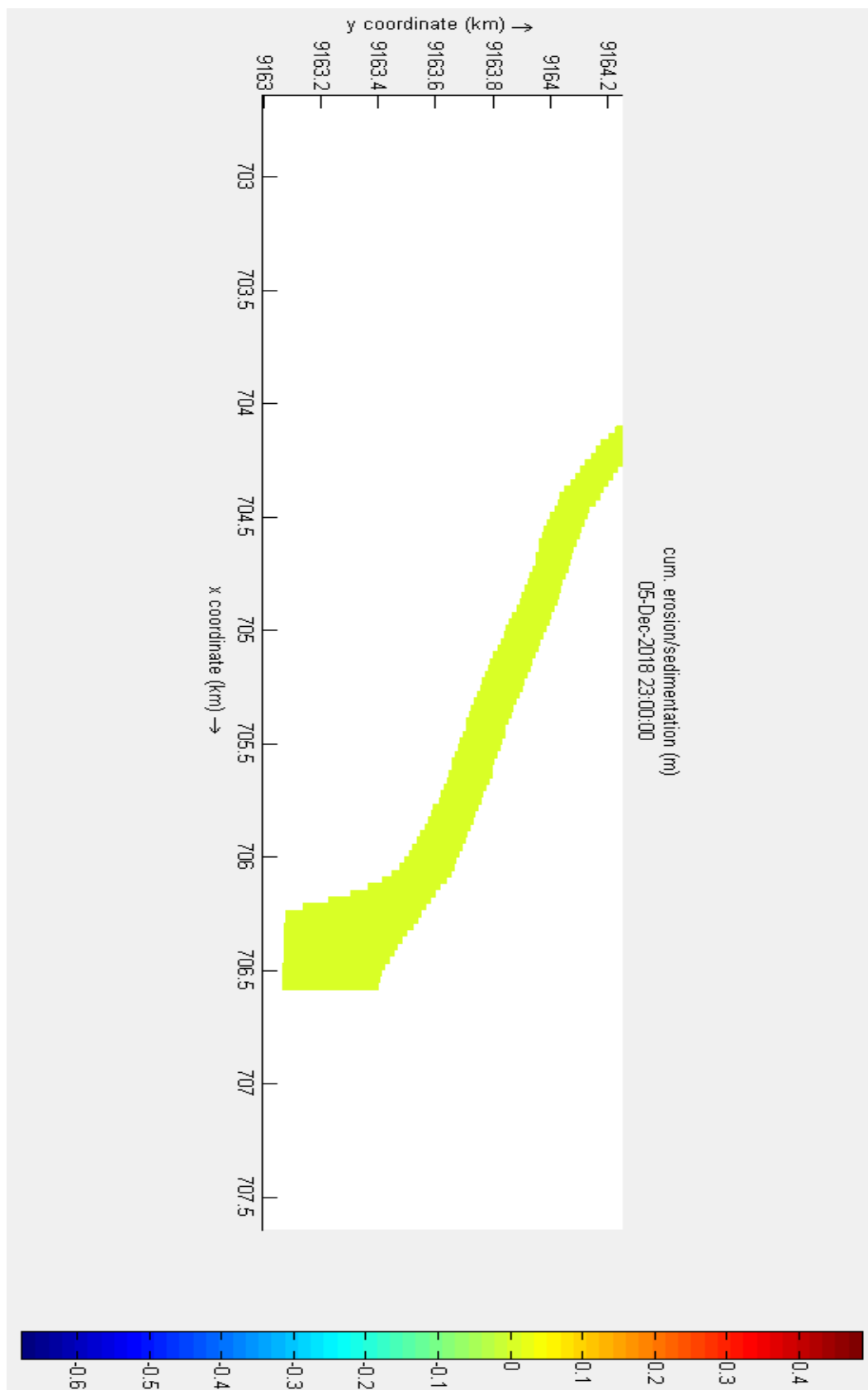
Gambar 4.37 Depth Average Velocity 19-12-18 23.00



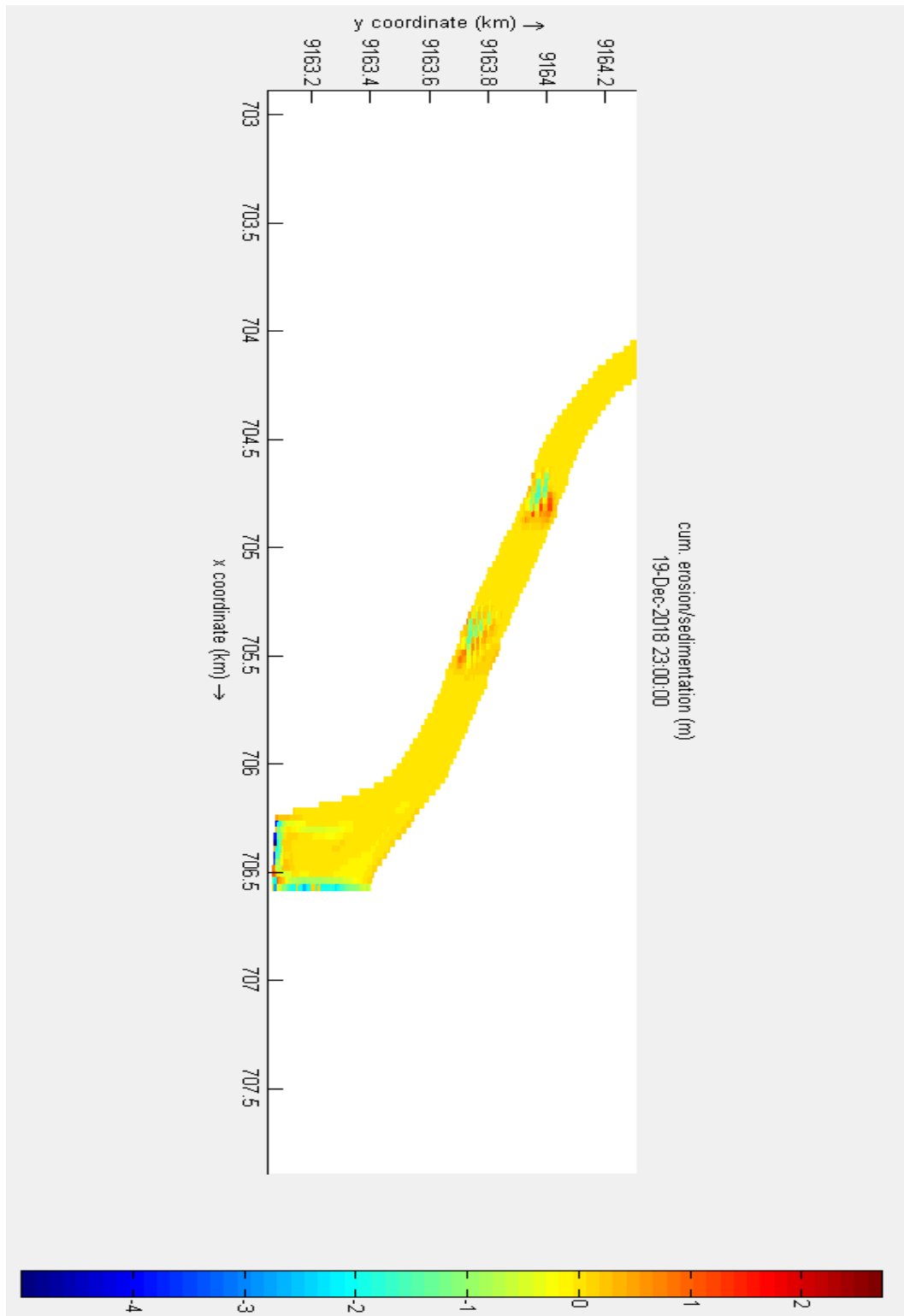
Gambar 4.38 Grafik Depth Average Velocity

Gambar 4.36 – 4.37 menunjukkan arah dan besar arus air sungai selama simulasi berjalan. Pada awal simulasi dapat dilihat bahwa arus berasal dari jembatan porong menuju muara dengan nilai arus yang besar, kemudian mengecil berdasarkan waktu.

Berdasarkan dari grafik di atas, ditemukan bahwa kecepatan arus mengalami perubahan yang sangat dinamis hingga pada akhirnya menjadi stagnan pada sekitar tanggal 6 Desember. Rata – rata kecepatan arus pada sungai porong berdasarkan tampilan numeric adalah 0.056m/s.

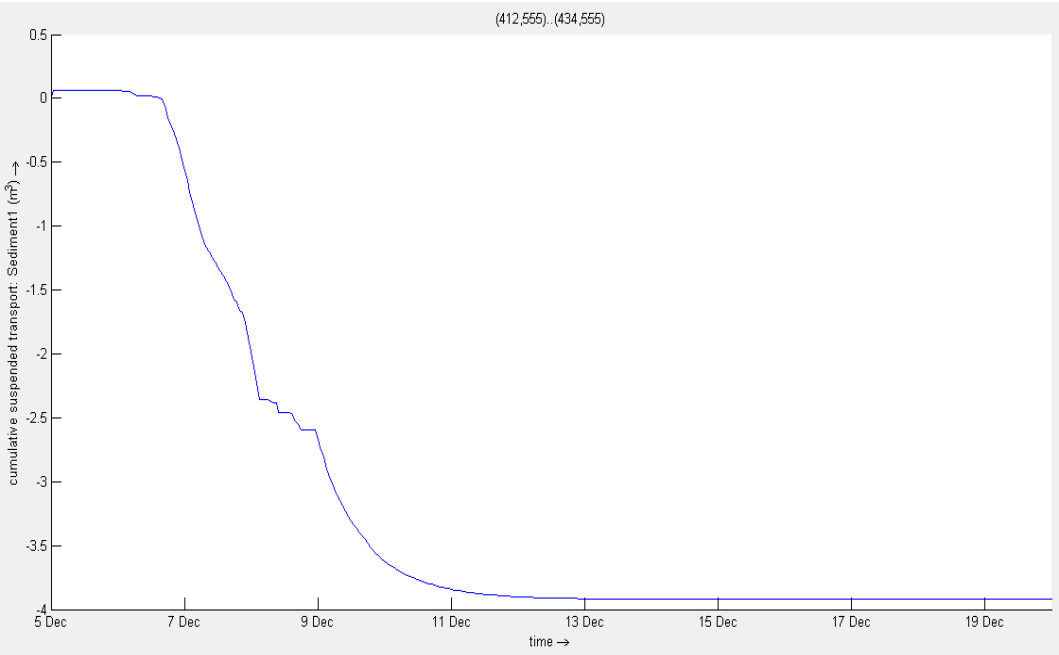


Gambar 4.39 Cumulative Sediment 05-12-18 23.00



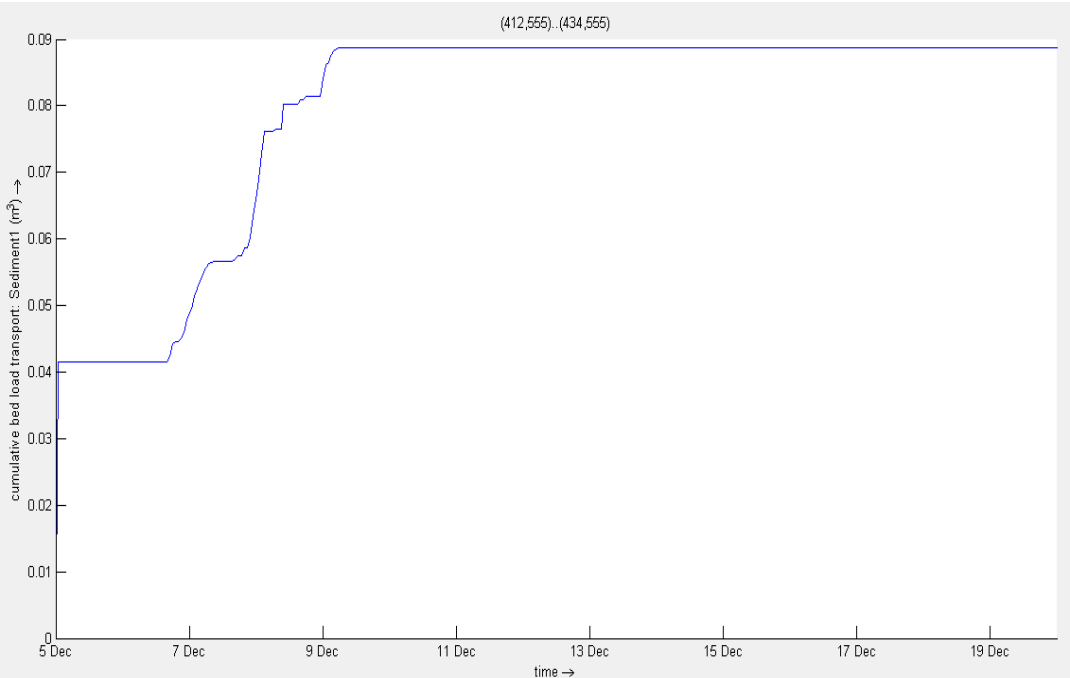
Gambar 4.40 Cumulative Sediment 19-12-18 23.00

Grafik Suspended Transport Sediment



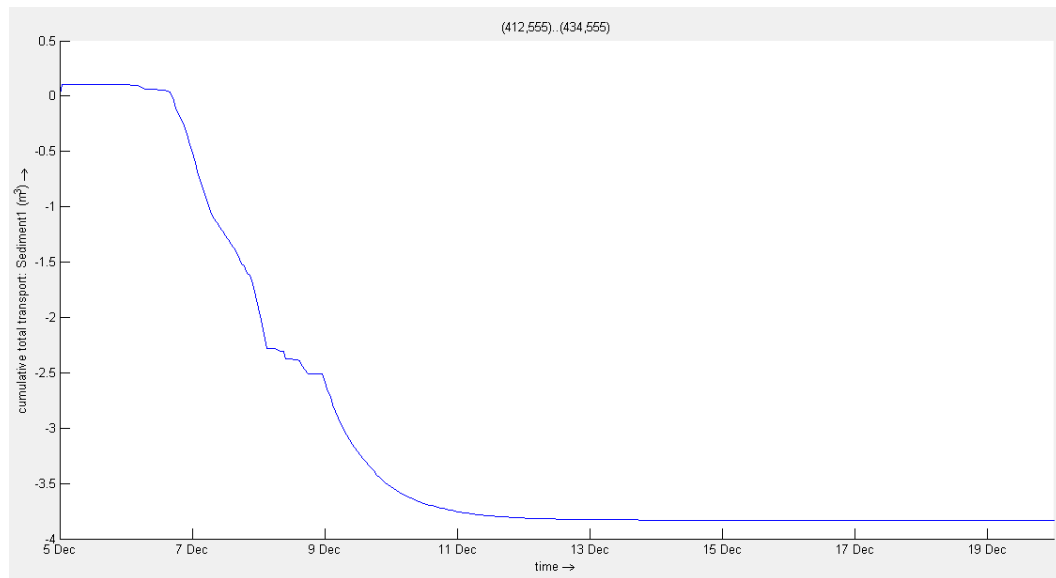
Gambar 4.41 Grafik Cumulative Suspended Transport Sediment

Grafik Bed Load Transport Sedimentation



Gambar 4.42 Grafik Cumulative Bed Load Transport Sedimentation

Grafik Cumulative Total Transport Sedimentation



Gambar 4.43 Grafik Cumulative Total Transport Sedimentation

Pada gambar 4.40 dapat dilihat bahwa sedimen mulai menumpuk di sekitar muara sungai. Pada tanggal 5 Desember belum terlihat adanya sedimen yang menumpuk pada muara sungai. Dan saat akhir simulasi yaitu pada tanggal 19 Desember sedimen mulai terlihat menumpuk pada muara sungai. Namun terlihat sedimen yang tertumpuk tidak mengalami perubahan yang signifikan sejak tanggal 5 Desember hingga 19 Desember.

Dari data numerik grafik 4.41 di atas dapat diketahui bahwa rata – rata transport sedimen melalui suspended load adalah $1.64E-08(m^3/s/m)$. Dari data numerik grafik 4.42 di atas dapat diketahui bahwa rata – rata transport sedimen pada bed load adalah $1.21E+2(m^3/s/m)$. Berdasarkan dari data numeric grafik 4.43 di atas, ditemukan bahwa rata – rata volume sedimentasi di muara sungai Porong setelah 15 hari adalah $0.058m^3$.

Hal ini tidak terlalu berbahaya dan mengkhawatirkan sehingga untuk saat ini tidak diperlukan sebuah model mitigasi apapun. Mungkin dengan data ini, saya dapat menyarankan bahwa daerah Tlocor hingga muara pantai dapat dijadikan sebagai tempat pariwisata.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

1. Kesimpulan

Dari penelitian tugas akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Transport sedimen pada Suspended Load adalah $1.64\text{E}-08 \text{ (m}^3\text{/s/m)}$ dan transport sedimen pada Bed Load adalah $1.21\text{E}+2 \text{ (m}^3\text{/s/m)}$.
2. Volume sedimentasi pada muara sungai yang terjadi setelah 15 hari adalah 0.058m^3 .
3. Tidak diperlukan adanya mitigasi untuk saat ini, mungkin bias diarahkan untuk menjadi daerah wisata bahari dan pulau buatan untuk kedepannya.

2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Agar penelitian selanjutnya dapat memodelkan perubahan garis pantai di sekitar muara akibat pembuangan lumpur Lapindo.
2. Agar penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan pengukuran di lapangan yang lebih lengkap dan alat yang lebih baik.

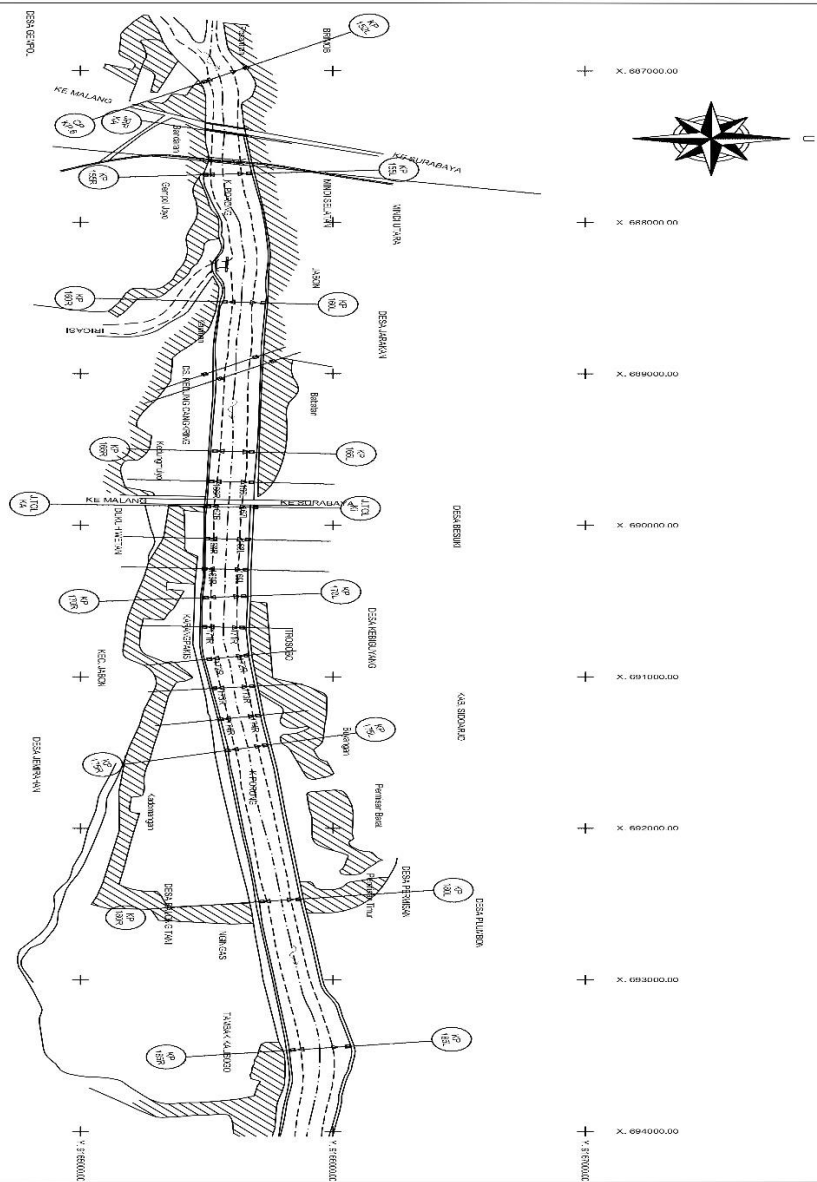
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

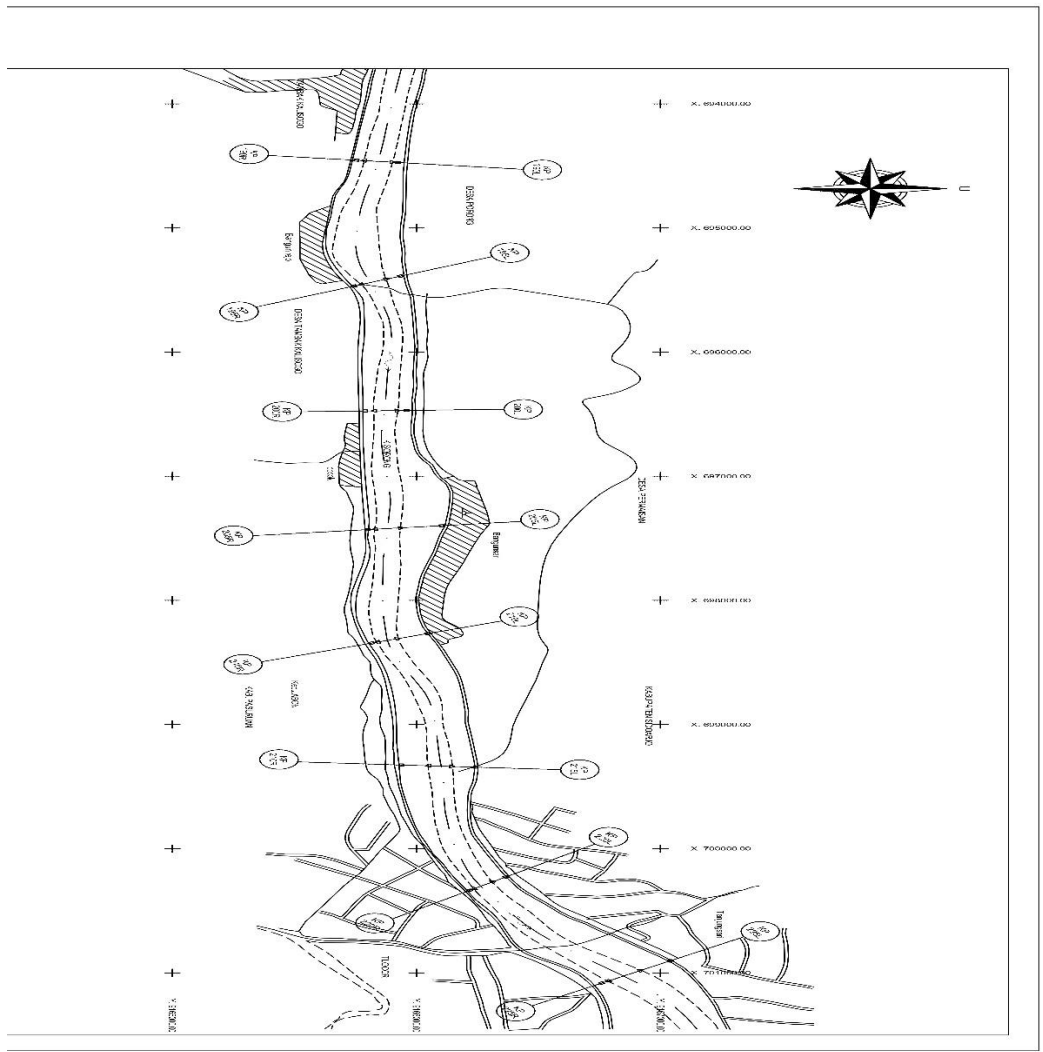
DAFTAR PUSTAKA

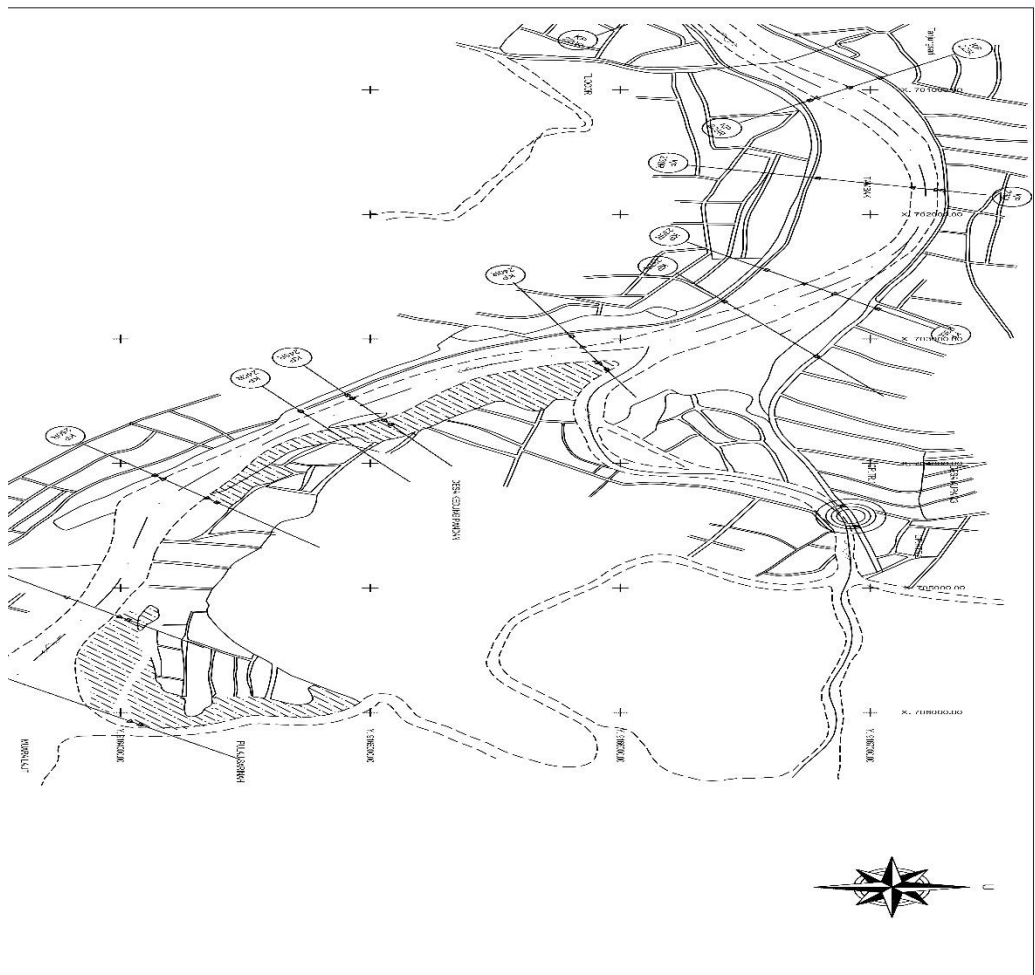
- Bungard, Klavs and Rene Jensen. 2006. *Tanjung Priok Port Urgent Rehabilitation Project, Numerical Modelling – Plume Scenarios*. JICA Study Team. Jakarta
- Suntoyo. 2014. *Modul Ajar Mekanika dan Teknologi Transportasi Sedimen*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Wahyuni, Nurul. 2014. *Analisa Laju Volume Sedimentasi Di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya
- Cahyadi, Dony Eko. 2009. *Analisis Sedimentasi Akibat Reklamasi di Teluklamong*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya
- Coastal Engineering Research Center (CERC), 1984. *Shore Protection Manual Volume I and II*, US Army Engineering Waterways Experiment Station, Washington DC, USA
- Fredsøe, Jørgen dan Rolf Deigaard. 1992. *Mechanics of Coastal Sediment Transport*. Singapore: World Scientific
- Galvin, C. 1982. *Shoaling with bypassing for channels at tidal inlets*. 18th ICCE, Sydney, Australia.
- Hakim, Al M. Habib. M. 2010. *Studi Penanggulangan Sedimentasi di Dermaga Domestik PT. Terminal Petikemas Surabaya*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS. Surabaya.
- Komar dan Paul D. 1997. *Sediment Accumulation Tillamook Bay, Oregon, A Large Drowned -River Estuary*. Report for the Tillamook Bay National Estuary Project. Oregon State University
- Achmad, Z. 2011. *Analisa Pola Arus dan Laju Sedimentasi Terhadap Perubahan Batimetri di Perairan Teluk Tomini Gorontalo*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya

- Afsal, Mohammad Saud. 2013. *3D Numerical Modelling of Sediment Transport under Current and Waves*. Thesis. Department of Civil and Transport Engineering. Faculty of Engineering Science and Technology-NTNU. Norway
- Van Rijn, Leo. C. 1990. *Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries, and Coastal Seas*. Amsterdam : Aqua Publications

LAMPIRAN







BIODATA PENULIS



Joedo Errasjid dilahirkan pada 22 Oktober 1994 di Malang, Jawa Timur, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis pada saat ini berdomisili di Surabaya, Jawa Timur. Penulis merupakan lulusan SD Negeri Pekuncen Pasuruan, SMP Negeri 2 Pasuruan, dan SMA Negeri 1 Pasuruan. Pada saat ini penulis tengah menempuh pendidikan Strata-1 di Jurusan Teknik Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi Strata-1 penulis. Penulis dapat dihubungi melalui surat elektronik dengan alamat *erras.ga.kw@gmail.com*.